

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

«ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПІВ І ПРЕСФОРМ»

розрахунково-графічна робота

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою
Інструментальні системи інженерного дизайну
спеціальності 131 «Прикладна механіка»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

«Проектування штамів і пресформ»: розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів що навчаються за освітньою програмою: Інструментальні системи інженерного дизайну спеціальності 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.В. Орлюк, В. В. Піманов, А.Д. Лавріненко, П.С. Вишневський – Електронні текстові дані (1 файл, 2.7 Мбайт) – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 69 с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 13.05.2021 р.) за поданням Вченої ради Механіко-машинобудівного інституту (протокол №7 від 22.02.2021 р.)

Електронне мережне навчальне видання

«ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМІВ І ПРЕСФОРМ»

розрахунково-графічна робота

Укладачі: *Орлюк Михайло Володимирович, канд. техн. наук, доц.
Піманов Валерій Володимирович, канд. техн. наук
Лавріненко Антон Дмитрович, канд. техн. наук
Вишневський Петро Сергійович, старший викладач*

Відповідальний редактор *Орлюк Михайло Володимирович, канд. техн. наук, доц.*

За редакцією укладачів
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. СТРУКТУРА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	5
2. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ	7
2.1. Вимоги до текстової частини	7
2.2. Вимоги до графічної частини	8
2.3. Позначення документів розрахунково-графічної роботи	9
3. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ	10
4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	11
4.1. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	11
4.1.1. Аналіз технологічності деталі	12
4.1.2. Визначення форми і розмірів заготовки	14
4.1.3. Розкрій матеріалу	20
4.1.4. Визначення кількості і послідовності операцій	24
4.1.5. Розрахунок технологічних зусиль	25
4.1.6. Визначення технологічної схеми і типу штампів	26
4.1.7. Додаткові розрахунки для деталей що гнуться.	30
4.2. Вибір конструктивної схеми штампу та проектування	35
4.2.1. Вибір конструктивної схеми штампу	35
4.2.2. Основні розрахунки при конструюванні штампів	36
4.3. Вибір обладнання	51
4.4. Визначення трудомісткості виготовлення деталі	56
4.5. Вибір методів контролю готових деталей	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
Додаток А. Зразок титульного аркушу розрахунково-графічної роботи	60
Додаток Б. Зразок титульного аркушу пояснювальної записки	61
Додаток В. Зразок завдання на розрахунково-графічну роботу	62
Додаток Г. Зразки оформлення складальних креслень та деталей штампів	63

ВСТУП

Розрахунково-графічна робота є заключним етапом вивчення дисципліни «Проектування штамів і пресформ».

Метою розрахунково-графічної роботи є закріплення отриманих теоретичних знань та придбання практичних навичок щодо рішення задач, пов'язаних з розробкою технологічних процесів виготовлення деталей з листових конструкційних матеріалів та проектування відповідного штампового оснащення (штамів) з урахуванням сучасних досягнень в галузі холодного штампування та застосуванням сучасного технологічного обладнання.

В процесі виконання розрахунково-графічної роботи студенти розширюють та поглиблюють знання, отримані на лекціях та практичних заняттях.

Вихідними даними для розрахунково-графічної роботи є креслення або ескіз деталі та дані про характер і умови виробництва виробу із зазначенням річної програми випуску.

1. СТРУКТУРА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ РОБОТИ

Розрахункова робота (зразок титульного аркушу див. у додатку А) складається з текстової та графічної частин.

Текстова частина (розрахунково-пояснювальна записка) містить наступні складові:

- титульний аркуш (додаток Б);
- завдання (додаток В);
- зміст;
- розрахунково-пояснювальна частина;
- список літератури;
- додатки.

Титульний аркуш та завдання встановленого зразку повинні бути повністю оформлені та підписані студентом та керівником.

Зміст подається на наступному після завдання аркуші і включає вступ, найменування всіх розділів, підрозділів, пунктів основної частини роботи, список літератури, найменування додатків із зазначенням сторінок цих матеріалів.

Розрахунково-пояснювальна частина включає вступ, технологічний розділ (розробку технологічного процесу виготовлення деталі), конструкторський розділ (вибір схеми штампу та розрахунки основних деталей штампу), вибір обладнання, визначення трудомісткості виготовлення деталі, визначення методів контролю готових деталей. Вона повинна відображати всі розрахунки та необхідні пояснення, викладені у послідовності вирішення завдання; розрахункові схеми, математичні залежності, таблиці та алгоритми розв'язування конкретних задач.

Список літератури включає тільки ті найменування, на які є посилання в тексті.

До додатків включаються допоміжні ілюстрації, таблиці та специфікації.

Графічна частина складається з 3...4 аркушів креслень відповідного формату, на який можливо розмістити в масштабі 1:1 креслення робочих деталей штампів (перелік необхідних креслень узгоджується з керівником роботи). Креслення повинні бути підписані студентом та керівником роботи.

2. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Мова розрахунково-графічної роботи – українська.

Текстова та графічна частини проекту повинні відповідати вимогам стандартів ЄСКД та ЄСТД.

2.1. Вимоги до текстової частини

Текстова частина (пояснювальна записка) оформляється на аркушах формату А4. При комп'ютерному наборі – не більше 40 рядків на сторінці (шрифт Times New Roman, 14 пт.) з розмірами полів: верхнє, нижнє та ліве – 25 мм, праве – 10 мм.

Структурні елементи та розділи починати з нової сторінки.

Ілюстрації необхідно розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути посилання в тексті. Ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу, наприклад «Рис.1.4. Схема розкрою полоси» (четвертий рисунок першого розділу). Номер разом з назвою ілюстрації розміщуються під рисунком.

Таблиці слід розміщувати безпосередньо після тексту, в якому таблиця згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті. Номер таблиці складається з номера розділу та порядкового номера таблиці в розділі, розділених крапкою. Слово «Таблиця» розміщується зліва від назви таблиці, наприклад «Таблиця 2.4. Виконавчі розміри робочих деталей штампу» (четверта таблиця другого розділу). Номер таблиці та її назва розміщуються над таблицею.

Формули та рівняння (виконуються в редакторі формул Microsoft Equation) наводять безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині рядка, з полями зверху та знизу в один рядок. Номер формули

чи рівняння складається з номера розділу та порядкового номера, розділених крапкою. Номер проставляється в круглих дужках на рівні формули в крайньому правому положенні на рядку. Пояснення символів та числових коефіцієнтів формул наводяться безпосередньо під формулою в тій послідовності, в якій вони надані в формулі. Перший рядок починається з абзацу словом «де» без двокрапки. При використанні формули багаторазово номер формули при другому і всіх наступних використаннях, а також пояснення символів не наводяться.

Додатки потрібно розміщувати у порядку посилань на них у тексті. Кожен додаток починається з нової сторінки. Додатки позначаються у правій верхній частині сторінки великими літерами (А, Б, В і т.д.). Наприклад «Додаток А». В наступному рядку симетрично до тексту наводиться заголовок додатку.

2.2. Вимоги до графічної частини

При оформленні креслень штампів і робочих деталей потрібно дотримуватись загальних правил, викладених в ЕСКД. Проте, враховуючи, що штамп, як особливий категорії оснащення, притаманна лише йому специфіка проектування, технології виготовлення і експлуатації, введені деякі додаткові правила по оформленню креслень. В основному вони відображені в ГОСТ 2.424-80 «Правила виконання креслень штампів», що є доповненням до основних документів ЕСКД.

Приклади оформлення зразків креслень робочих деталей штампа послідовної дії для пробивання та вирубування і штампа для гнуття наведені в додатку Г, рис. Г.3...Г.5.

2.3. Позначення документів розрахунково-графічної роботи

Позначення документів розрахунково-графічної роботи повинні мати такий вигляд:

AAA.BBB.BBBBBB.GG.XXX.XX EE

де: AAA – код виду роботи (РГР – Розрахунково-графічна робота);

BBB– скорочена назва дисципліни (ПШіП – проектування штамів і пресформ);

BBBBB – номер залікової книжки студента;

GG – рік виконання (17 - 2017рік);

XXX.XX – порядковий або реєстраційний номер документу (000.00 – пояснювальна записка, 100.00 – штамп, 101.00 – вузол штампа, 100.01 – деталь штампа);

EE – шифр документу.

Нижче наведено приклади позначення документів розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування штамів і пресформ»:

- РГР.ПШіП.МІ4103.17.000.00 – шифр проекту;
- РГР.ПШіП.МІ4103.17.000.00 ПЗ – пояснювальна записка;
- РГР.ПШіП.МІ4103.17.100.00 СК – складальне креслення штампа;
- РГР.ПШіП.МІ4103.17.100.00 – специфікація штампа;
- РГР.ПШіП.МІ4103.17.101.00 СК – складальне креслення вузла штампа;
- РГР.ПШіП.МІ4103.17.100.05 – робоче креслення деталі штампа.

3. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЗАХИСТУ

Під час роботи над розрахунково-графічною роботою студент на консультаціях пропонує самостійно прийняті та обґрунтовані технічні рішення по відповідних розділах роботи. Ці рішення уточнюються та корегуються при обговоренні з керівником роботи.

За результатами виконаної роботи уточнюється вміст та об'єм наступних частин роботи.

Після оформлення відповідного розділу роботи керівник перевіряє виконані розрахунки і креслення і підписує їх.

Після підписання керівником усіх креслень і пояснювальної записки робота допускається до захисту.

Захист складається з відповідей студента на питання викладача, по розділам пояснювальної записки та креслень (питання стосуються проведених розрахунків).

У доповіді повідомляється про особливостях штампованої деталі, дається коротке обґрунтування всіх прийнятих рішень, наводяться показники процесу та стислий опис конструкції та роботи спроектованого штампового оснащення.

Оцінка розрахунково-графічної роботи і її захисту обговорюється викладачем. При оцінці роботи враховуються: якість пояснювальної записки та графічного матеріалу (сучасність прийнятих рішень, глибину обґрунтування та розрахунків, якість оформлення, виконання вимог нормативних документів тощо), рівень технічно правильно виконаних креслень, правильність відповідей на питання, дотримання графіка виконання роботи.

4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ РОЗРАХУНКОВО- ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

4.1. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі (технологічний розділ)

Під технологічним процесом мається на увазі сукупність дій, безпосередньо пов'язаних із зміною форми, розмірів, зовнішнього вигляду, властивостей вихідного матеріалу чи заготовок з метою отримання готової деталі чи напівфабрикату для подальшої обробки.

Крім власне штампування до основних складових технологічного процесу входять підготовчі операції (різка листа на смуги, змащення та ін.), операції доробки та допоміжні операції (галтування, відпал, травлення, нанесення покриттів та ін.). Деякі з них (наприклад відпал) можуть бути проміжними між операціями штампування. В окремих випадках підготовчі, операції доробки чи допоміжні операції можуть бути відсутні, що визначається конструкцією деталі, технічними умовами на неї та формою вихідної заготовки.

Встановлення структури технологічного процесу (визначення характеру, кількості операцій та послідовності їх виконання) є найвідповідальнішим етапом технологічної розробки, що визначає зміст та трудомісткість наступних етапів проектування, а також витрати на подальше виготовлення штампового оснащення та трудомісткість штампування.

Для встановлення структури технологічного процесу необхідно проаналізувати технологічність деталі, визначити розміри та форму вихідної заготовки, вибрати оптимальний тип розкрою, розрахувати чи призначити кількість та послідовність операцій.

4.1.1. Аналіз технологічності деталі

Під технологічністю конструкції розуміють відповідність параметрів даної деталі можливостям операцій листового штампування, які повинні бути застосовані при її виготовленні.

Забезпечення технологічності конструкції деталі (виробу) - найважливіша функція технологічної підготовки виробництва. В процесі відпрацювання деталей на технологічність необхідно прагнути максимального зниження трудомісткості та технологічної собівартості виробництва шляхом корегування елементів конструкції деталей, при якій досягається найменша кількість операцій, максимальне спрощення штамів з урахуванням експлуатаційних властивостей готової деталі (виробу).

Практикою листового штампування встановлено певні критерії технологічності, які визначають критичні параметри деталей, відхилення від яких приводить до завищення трудомісткості штампування, росту складності й вартості штамів і т.п.

У процесі технологічного контролю поряд із критеріями технологічності деталей, що штампуються, повинні враховуватися вимоги конструкції виробу. Критерії технологічності, що дозволяють знизити трудомісткість і собівартість штампування, можна розглядати в якості визначальних лише в тому випадку, якщо вони не входять у суперечність із вимогами конструкції. Ступінь ефективності технологічного контролю визначається сполученням критеріїв технологічності з вимогами конструкції.

Аналіз технологічності деталі проводиться в певній послідовності.

Насамперед необхідно з'ясувати, чи відповідають розміри деталей і їхня форма технологічним можливостям операцій листового штампування та чи задовольняють вони основним технологічним вимогам відповідних

операцій. При цьому основну увагу необхідно звернути на такі елементи конструкції деталі, розміри яких входять у суперечність із можливостями технологічних операцій (гранично допустимі мінімальні розміри отворів і виступів для плоских деталей, гранично допустимі радіуси гнуття і т.п.).

При розробці цього розділу роботи насамперед необхідно користуватися довідковими матеріалами та рекомендаціями, викладеними в розділах «Технологічність штампованих деталей» [1-7].

Особливе значення з погляду технологічності має система проставляння розмірів на кресленнях деталей, що штампуються. У якості загальних у цьому випадку варто враховувати такі правила:

- конструкторська база будь-якого елемента повинна бути обрана таким чином, щоб її можна було використати в якості технологічної;
- для всіх елементів деталі, які штампують в одному штампі, варто вибирати одну конструкторську базу (для встановлення розмірів одного напрямку), прийняту при базуванні в штампі як опорна база;
- вибирати конструкторські бази й проставляти розміри необхідно так, щоб максимальну кількість елементів деталі можна було штампувати в плоскій заготовці до виконання формозмінних операцій (гнуття, витягування й т.д.).

Одночасно з аналізом технологічності прийнятих конструкторських і технологічних баз деталі варто ретельно проаналізувати допуски на розміри й вимоги до чистоти поверхні, щоб з'ясувати, чи можуть бути забезпечені необхідна точність і чистота поверхні звичайними штампувальними операціями або для цього будуть потрібні операції доробки або механічна обробка. Занадто жорсткі допуски на розміри виробів або високі вимоги до чистоти поверхні різко збільшують вартість штампів, вимагають частого їхнього ремонту, викликають необхідність застосування додаткових операцій [2-4]. Може трапитися, що при таких вимогах до точності

виготовлення подібних деталей методами штампування виявиться неекономічним. Тому треба, по можливості, уникати занадто жорстких вимог до точності й шорсткості деталей, якщо вони не диктуються винятково функціональним призначенням виробу.

Якщо на кресленні виробів допуски розмірів яких-небудь елементів не обговорені (так звані «вільні розміри»), точність їхнього виготовлення варто приймати по 12-му або 14-му квалітету й, залежно від характеру такого елемента і його розміру, визначити числове значення допуску. Маючи перед собою чисельні значення допусків на розміри виробу, перевіряють по таблицях, чи можуть вони бути забезпечені відповідними технологічними операціями. Зазначені таблиці наведені в довідковій літературі по листовому штампуванню.

Після аналізу, при необхідності, в конструкцію деталі з ціллю покращення її технологічності вносяться відповідні зміни. Усі зміни повинні бути узгоджені з керівником розрахунково-графічної роботи.

Аналіз технологічності форми, розмірів і точності виготовлення деталі дозволяє якісно встановити структуру технологічного процесу, тобто характер необхідних операцій, а в ряді випадків по розмірах деталі й допускам на них - і спосіб штампування: послідовне штампування в смузі, сумісне штампування, сумісно - послідовне й т.п.

4.1.2. Визначення форми і розмірів заготовки

Для визначення кількості і послідовності операцій, необхідних для виготовлення деталі або напівфабрикату, слід розрахувати розміри і встановити форму заготовки.

Форма і розміри заготовки визначаються формою і розмірами деталі та характером формозмінних операцій, які необхідні для її отримання (гнуття, витягування, відбортовування, скручування і так далі).

4.1.2.1. Розміри заготовок для деталей, що отримуються гнуттям (рис. 4.1), визначаються за формулою [2],

$$L_{ze} = \sum_{i=1}^k l_{np_i} + \sum_{j=1}^n l_{кр_j} = \sum_{i=1}^k l_{np_i} + \sum_{j=1}^n \alpha_j \rho_j, \quad (4.1)$$

де l_{np_i} - довжина i - ої прямолінійної ділянки деталі;

$l_{кр_j}$ - довжина j - го криволінійної ділянки деталі;

α_j - j - й кут гнуття, рад;

ρ_j - відповідний радіус гнуття j - го ділянки по нейтральному шару деформації, що розраховується за формулою:

$$\rho_j = r_{вн_j} + x_j \cdot S, \quad (4.2)$$

де $r_{вн_j}$ - внутрішній радіус гнуття j - ої ділянки деталі;

x_j - коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару, значення якого визначається по таблицях в залежності від відносного радіусу гнуття $r_{вн}/S$;

S - товщина заготовки.

У тих випадках, коли розміри деталі задані так, що деякі розміри прямолінійних ділянок і кути між ними безпосередньо на кресленні не вказані, необхідно спочатку по відомих розмірах визначити значення l_{np_i} і α_j , а потім розрахувати довжину заготовки.

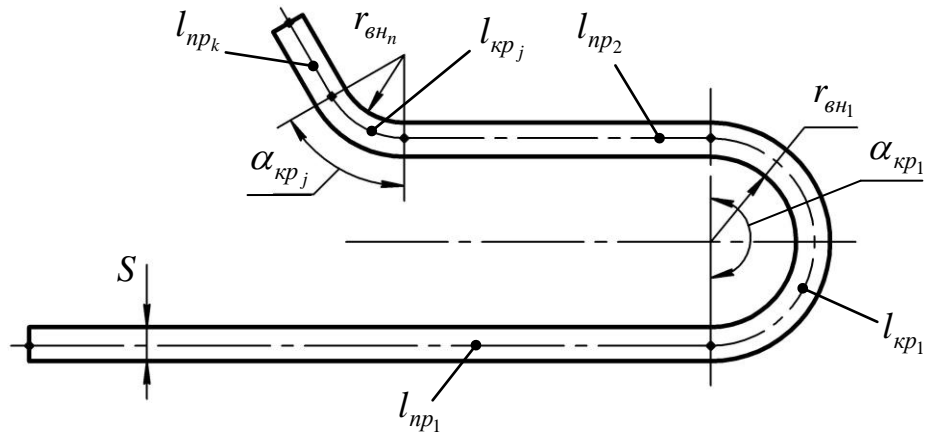


Рис. 4.1. Схема розрахунку довжини заготовки для гнуття

4.1.2.2. Розміри заготовок для деталей, що отримуються витягуванням

4.1.2.2.1. В основу розрахунку діаметру вихідної заготовки при витягуванні вісесиметричних деталей без потоншення стінок виробу (рис. 4.2) покладено принцип рівності площин поверхонь деталі F_{∂} по середній лінії та вихідної заготовки F_{32} . У випадку, коли технологією передбачено обрізування відходу по контуру, площа поверхні відходу додається до площі вихідної заготовки. Розрахунок діаметру вихідної заготовки здійснюють за формулою:

$$D_{32} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\partial}}{\pi}} \cong 1,13 \sqrt{F_{\partial}} = 1,13 \sqrt{\sum f_i}, \quad (4.3)$$

де $\sum f_i$ - сума площин елементарних поверхонь f_i деталі.

4.1.2.2.2. Розміри заготовок під витягування з потоншенням (рис. 4.3) визначають із умови сталості об'єму деталі V_{∂} (з урахуванням припуску на обрізування) і вихідної заготовки V_{32}

$$V_{32} = \left(1 + \frac{\Pi}{100}\right) \cdot V_{\partial} = \left(1 + \frac{\Pi}{100}\right) \cdot \sum v_i, \quad (4.4)$$

де Π - припуск на обрізування, %;

$\sum v_i$ - сума елементарних об'ємів деталі.

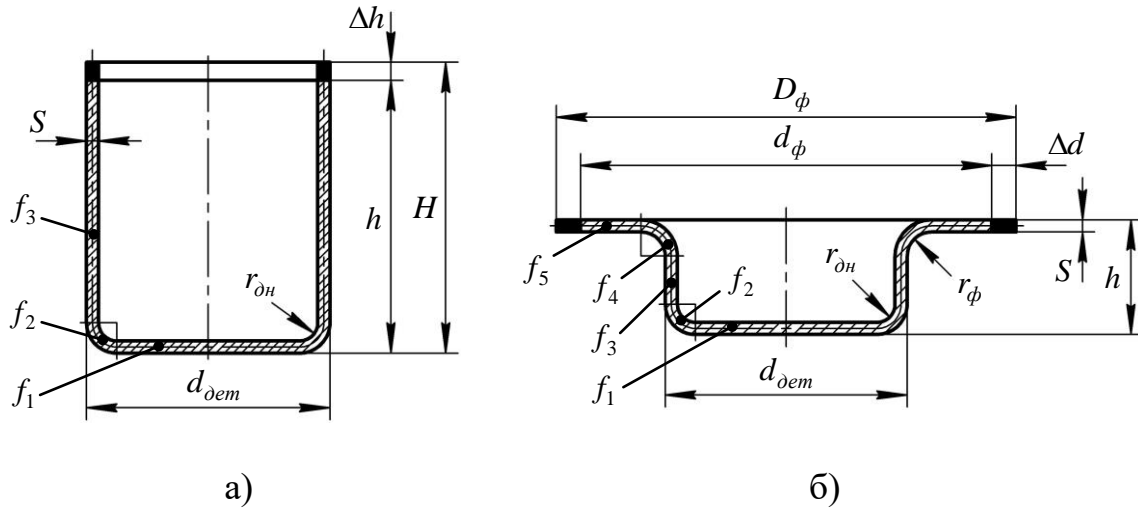


Рис. 4.2. Схема розрахунку площі заготовки
при витягуванні без потоншення:

а) циліндрична деталь; б) вісесиметрична деталь з широким фланцем

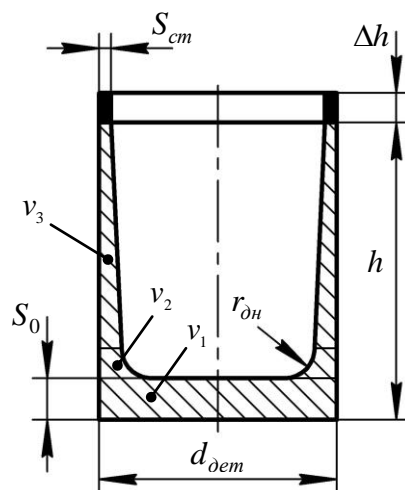


Рис. 4.3. Схема розрахунку об'єму заготовки
при витягуванні з потоншенням

Діаметр заготовки

$$D_{32} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{32}}{\pi \cdot S_0}}. \quad (4.5)$$

4.1.2.3. Розміри заготовок для деталей коробчастої форми

Розрахунок геометричних параметрів і побудова форми заготовок для витягування коробчастих деталей відносяться до найбільш трудомістких. Існує декілька методик розрахунку, які наведені в спеціальній та довідковій літературі [2-4], проте практично у всіх випадках при доопрацюванні технологічного процесу потрібне завершальне коригування форми і розмірів вихідної заготовки.

4.1.2.4. Розміри заготовок для деталей, що отримуються відбортовуванням

У випадку невисокого борта (рис. 4.4) діаметр отвору під відбортовування визначають приблизно як при гнутті.

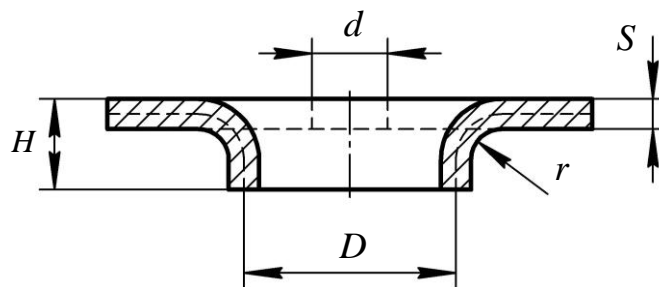


Рис. 4.4. Схема відбортовування низького борту

Діаметр отвору визначають за формулою

$$d = D - 2(H - 0,43r - 0,72S), \quad (4.6)$$

де D - діаметр отвору після відбортовування по середній лінії;

H - висота борта (задається кресленням деталі);

r - радіус заокруглення.

Якщо потрібна занадто велика висота борта, яку не можна отримати за один перехід, застосовують відбортовування з потоншенням (рис. 4.5) або попереднє витягування, пробивання отвору у дні та відбортовування (рис. 4.6).

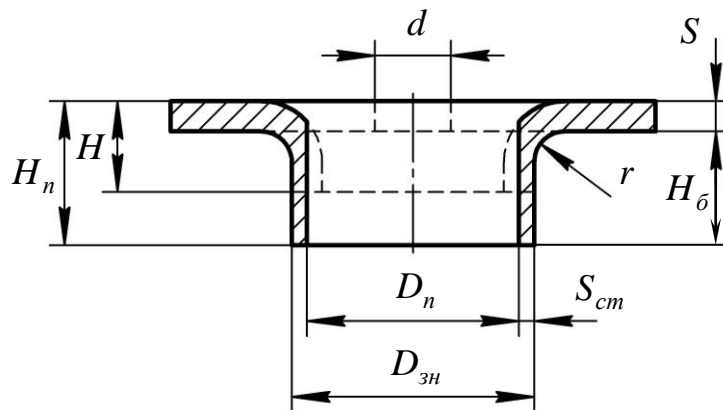


Рис. 4.5. Схема відбортовування з потоншенням стінки

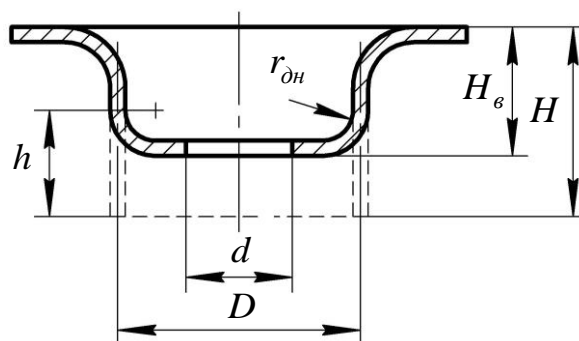


Рис. 4.6. Схема відбортовування з попереднім витягуванням

При відбортовуванні з потоншенням розрахунок діаметра отвору d виконується із умови рівності об'ємів металу до і після відбортовування:

$$d = \sqrt{D_1^2 - 2\pi D_1 \left(r + \frac{S}{2} \right) + 8 \left(r + \frac{S}{2} \right)^2 - 4(D_1 - 2r - S)(H_\delta - r)}, \quad (4.7)$$

де $D_1 = D_{3H} + 2r$.

У випадку застосування попереднього витягування розміри h і d визначають за формулами

$$h = \frac{(D-d)}{2} + 0,57r, \quad (4.8)$$

$$d = D + 1,14r - 2h. \quad (4.9)$$

4.1.2.5. Розрахунок розмірів заготовок для деталей, що отримуються скручуванням, загортанням, роздаванням, обтискуванням та завиванням, наводиться в спеціальній та довідковій літературі, зокрема в [2, 3].

4.1.3. Розкрій матеріалу

Розкрій листового матеріалу має виключно велике значення для економії металу. Тому вибору типу розкрою слід приділяти найсерйознішу увагу.

Розкрій визначається як розмірами і формою заготовки (деталі), так і розмірами і формою вихідного (основного) матеріалу. Деталі (заготовці) слід по можливості надавати таку форму і розміри, які забезпечують мінімальні відходи при розкрої.

В якості основного матеріалу для листового штампування найширше застосовуються листи, смуги, стрічки, гнутий профіль. При відомих розмірах заготовки і конструкції штампованої деталі (товщина, напрямок ліній гнуття), що частково визначають сортамент основного матеріалу, остаточний його вибір здійснюється на підставі економічного аналізу можливих варіантів розкрою і визначення оптимального.

Оцінка економічності розкрою проводиться за допомогою коефіцієнта розкрою

$$K_p = \frac{f_0 n_p}{B \cdot T_p} \cdot 100\%, \quad (4.10)$$

де f_0 - площа поверхні деталі (включаючи дрібні невживані отвори);

n_p - кількість рядів розкрою;

B - ширина смуги;

T_p - крок вирубки (розкрою).

Найбільш економічним буде розкрій з найбільшим значенням K_p .

Проте коефіцієнт K_p не дає повного уявлення про загальну величину корисного використання металу. Остання визначається загальним коефіцієнтом використання металу K_ϵ .

При штампуванні із смуги або стрічки

$$K_\epsilon = \frac{f \cdot n}{B \cdot L} \cdot 100\%, \quad (4.11)$$

де f - площа деталі без отворів;

n - фактична кількість деталей, що отримуються із смуги або стрічки;

B - ширина смуги або стрічки;

L - довжина смуги або стрічки.

В разі листової заготівки або різання листа на смуги для однакових деталей

$$K_\epsilon = \frac{f \cdot m}{C \cdot A} \cdot 100\%, \quad (4.12)$$

де m - кількість деталей, що отримуються з листа;

C - ширина листа;

A - довжина листа.

Пошук оптимального варіанту розкрою і розрахунок коефіцієнта використання матеріалу виконується в такій послідовності. Спочатку приймається принципове рішення про вид розкрою: безвідходний, маловідходний або розкрій з відходами. Це рішення залежить від необхідної точності деталі, складності її форми, товщини матеріалу і т.д. (див., наприклад, [1, 2]).

Після цього, якщо вирішено про штампування з відходами, визначається величина перемичок - бічних і по кроку штампування, що призначаються залежно від габаритних розмірів заготовки, виду і товщини матеріалу. Далі вибирається тип розкрою: прямий, похилий, зустрічний, комбінований і т.д. При цьому враховуються не лише фактори, що визначаються можливістю геометричного розміщення заготовок в площині смуги, але і фактори, що визначаються конструктивним виконанням штампу залежно від відносного розташування пуансонів, упорів і т.д.

Визначивши оптимальне розташування заготовки в смузі (як при штампуванні з відходами, так і без відходів), розраховують її ширину. При цьому, якщо намічено проектувати штамп з бічним притискуванням смуги, її ширина обчислюється за формулою

$$B = D + 2b + \Delta_{\text{ш}}, \quad (4.13)$$

де D - розмір деталі, що отримується (поперек смуги);

b - найменша величина бічної перемички;

$\Delta_{\text{ш}}$ - однобічний (мінусовий) допуск на ширину смуги.

Якщо ж передбачається проектувати штамп з вільним переміщенням смуги між направляючими планками, то її ширина обчислюється за формулою

$$B = D + 2(b + \Delta_{\text{ш}}) + z, \quad (4.14)$$

де z - гарантований зазор між направляючими і найбільшою можливою шириною смуги.

Значення допуску $\Delta_{\text{ш}}$ для стандартизованих смуг і стрічок приймають по відповідних ДСТУ або ГОСТ на сортамент матеріалів. При розкрої листа на смуги із застосуванням ножиць допуск $\Delta_{\text{ш}}$ і гарантований зазор z приймається по відповідних таблицях довідкової літератури [1-5].

Розрахунок ширини смуги при штампуванні в штампі з кроковими ножами слід виконувати по формулі (4.13) і збільшувати ширину смуги додатково на величину кромки, що обрізується ножами.

Ширина кромки, що обрізується одним ножем, вибирається по таблицям довідкової літератури або приймається рівною величині бічної перемички b .

По розрахованій ширині смуги визначають кількість смуг, що отримуються з листа із заданими розмірами, а по довжині смуги і кроку вирубки - кількість заготовок, що отримуються із смуги. Потім обчислюють загальну кількість заготовок, що отримуються з листа, і коефіцієнт використання матеріалу.

Вказаний розрахунок коефіцієнта використання матеріалу може повторюватися багато разів, поки не буде знайдений оптимальний варіант розкрою з найбільшим коефіцієнтом використання матеріалу.

В даний час з цією метою широко застосовуються математичні методи пошуку оптимального розкрою з використанням ЕОМ.

У загальному випадку коефіцієнт використання металу визначають за формулою

$$K_e = \frac{m_o}{H} \cdot 100\%, \quad (4.15)$$

де m_o - маса готової деталі (приймається по кресленню деталі), кг;

H - норма витрати матеріалу на одну деталь, кг.

$$H = \frac{M}{\Pi}, \quad (4.16)$$

де M - маса одиниці основного матеріалу, що використовується для штампування (полоси, листа та ін.), кг;

Π - кількість деталей, яку отримують в результаті розкрою одиниці основного матеріалу, шт.

4.1.4. Визначення кількості і послідовності операцій.

Аналіз форми, розмірів і точності деталей, а також аналіз можливих варіантів розкрою дозволяють у загальних рисах встановити структуру технологічного процесу, а саме: визначити вид необхідних операцій. У багатьох випадках штампування порівняно простих деталей на цьому етапі визначаються також кількість і послідовність операцій. Проте при штампуванні деталей складної форми визначити послідовність операцій і їх кількість можна лише при додатковому аналізі. Вирішальний вплив на кількість операцій і їх послідовність надає складність форми, оскільки можливості формоутворення будь-якою з штампувальних операцій обмежені технологічними властивостями матеріалів, стійкістю інструменту, можливостями існуючого устаткування і оснащення.

Різноманіття конфігурацій, що зустрічаються на практиці, і різних конструктивних поєднань елементів разом з різноманітністю штампованих матеріалів і виробничих умов не дозволяє дати яке-небудь єдине правило для визначення кількості і послідовності операцій. Проте на підставі наукового пошуку і виробничого досвіду вироблені достатньо точні методи розрахунку необхідної кількості операцій і рекомендації для визначення їх

послідовності. Якщо конструкція деталі допускає виготовлення її декількома варіантами, тобто при різній кількості переходів і при різному поєднанні і послідовності операцій, то при встановленні характеру і послідовності операцій спочатку необхідно виділити можливі варіанти, з яких надалі вибирати найбільш раціональний.

Таким чином, спочатку орієнтовано, а потім, керуючись необхідними розрахунками, визначають структуру технологічного процесу, встановлюючи характер, кількість і послідовність операцій (як основних, так і підготовчих і допоміжних). При багатоопераційному штампуванні, виходячи з характеру операцій і допустимого ступеня деформації, визначають розміри і форму напівфабрикатів на проміжних операціях [1-7].

4.1.5. Розрахунок технологічних зусиль

Після встановлення структури технологічного процесу визначають поопераційні технологічні зусилля, а також, при необхідності, зусилля знімання, притискання та ін. Розрахунок технологічних зусиль дозволяє попередньо з'ясувати, які преси (за типом і зусиллям) знадобляться для виконання цих операцій, що є одним з критеріїв при порівнянні можливих варіантів виконання операцій та виборі оптимального.

Також по визначених зусиллях в конструкторському розділі виконується розрахунок елементів конструкції штампів на міцність та жорсткість, а також проектування буферних пристроїв, якщо вони передбачені конструкцією штампів.

4.1.6. Визначення технологічної схеми і типу штампів

Остаточний вибір найбільш раціонального варіанту технологічного процесу виготовлення деталі із можливих варіантів штампування здійснюють після встановлення технологічної схеми штампів та їх типу.

4.1.6.1. Вибір технологічної схеми штампу

Вибір типу штампу слід починати з визначення можливості і доцільності застосування тієї або іншої технологічної схеми штампів, тобто вибору типу штампів по характеру, послідовності і суміщення всього комплексу операцій, необхідних для повного виготовлення деталі. При цьому необхідно дотримуватися класифікації і термінології державних стандартів, галузевих або заводських нормалей.

За технологічною ознакою (ГОСТ 15830-84) розрізняють штампи простої, сумісної і послідовної дії.

Штамп простої дії - штамп для виконання однієї або декількох однойменних операцій в межах одного кроку матеріалу або заготовки за один хід рухомої частини штампу.

Штамп сумісної дії - штамп для виконання різнойменних операцій або переходів в межах одного кроку подачі матеріалу або заготовки за один хід рухомої частини штампу.

Штамп послідовної дії - штамп для виконання декількох операцій або переходів за декілька кроків подачі матеріалу або заготовки і відповідне число ходів рухомої частини штампу.

По універсальності застосування встановлені поняття спеціальних, спеціалізованих і універсальних штампів.

Спеціальний штамп - штамп для виготовлення тільки заданої деталі і який збирається з складальних одиниць і (або) деталей, що використовуються тільки в даному штампі.

Спеціалізований штамп - штамп для виготовлення тільки заданої деталі і який збирається з складальних одиниць і (або) деталей, що використовуються в різних штампах.

Універсальний штамп - штамп для виконання однойменних операцій, який може переналагоджуватись для виготовлення різних деталей.

Перераховані основні ознаки класифікації покладено в основу утворення термінів для найменування штампів. Найменування штампів утворюється за допомогою виразу «Штамп ... для ...». Наприклад: «Штамп простої дії для вирубки», «Штамп сумісної (послідовної) дії для пробивки, витягування і вирубки», «Універсальний штамп для пробивки отворів». Проте скорочено можна утворювати найменування штампів за наступним принципом: «Штамп для виготовлення деталі ...» (вказується найменування або позначення деталі).

Якщо попередній аналіз технологічності форми і розмірів виробу показав, що вона може бути виготовлена за різними технологічними схемами - штампуванням по елементах в універсальних штампах, поопераційним штампуванням в окремих штампах, послідовним або сумісним штампуванням в комбінованих штампах, то остаточний варіант технологічного процесу визначається розрахунком технологічної собівартості виготовлення деталі.

Вирішальний вплив на вибір технологічної схеми штампу при цьому здійснює характер виробництва і річна програма випуску виробів.

При дрібносерійному виробництві середніх за габаритними розмірами різнотипних виробів, з частою зміною виробів, що випускаються, коли є можливість уніфікації і нормалізації елементів конструкції деталей,

перевагу слід віддати штампуванню по елементах в універсальних переналагоджуваних штампах.

При штампуванні дрібних виробів залежно від їх конструкції і характеру виробництва необхідно застосовувати поопераційне штампування деталей по елементах на універсальних переналагоджуваних штампах і координатно-пробивних пресах з ЧПУ; штампування в перфорованій смузі або стрічці в одноопераційних штампах або в комбінованих штампах сумісної або послідовної дії. Вибір типу комбінованого штампу у такому разі визначається габаритними розмірами і формою деталі, умовами роботи штампувальника і т.д. З деякими рекомендаціями з цього питання можна ознайомитися в довідковій літературі.

Штампування великогабаритних деталей порівняно простої конфігурації доцільно виконувати в сумісному штампі, оскільки вартість виготовлення і експлуатації одного великого порівняно нескладного сумісного штампу менше вартості декількох одноопераційних крупних штампів.

У решті випадків доцільність технологічної схеми штампу і варіанту штампування можна встановити тільки розрахунком і порівнянням технологічної собівартості деталі з урахуванням можливості механізації та автоматизації технологічних процесів.

4.1.6.2. Вибір конструктивно-експлуатаційного типу штампа

Окрім класифікації за основними ознаками, передбаченими стандартами, штампи можуть бути розбиті на типові групи:

- по конструктивно - експлуатаційним ознакам - по наявності направляючих пристроїв - на штампи з направляючими і без них; за способом подачі і видалення заготовок - на штампи з ручною і

автоматичною подачею; за способом видалення деталей - на штампи з провалом деталі через отвір матриці, із зворотнім запресовуванням деталі в стрічку (смугу) і видаленням разом з нею, з виштовхуванням деталі на поверхню матриці штампу і її видаленням вручну, із зворотним виштовхуванням на поверхню матриці з подальшим їх автоматичним видаленням і т.д.;

- за способом видалення відходів - на штампи з видаленням відходів у вигляді залишків смуги або стрічки, у вигляді відходів, що розрізають на декілька частин; з ручним і автоматичним видаленням і т.п.

Штампи, як правило, складаються з двох основних складальних одиниць - блоків і пакетів. Блоки включають верхню і нижню плити з направляючими пристроями, виготовляються за відповідними стандартами і поставляються як вироби для подальшого доопрацювання і застосування при виготовленні штамків.

Пакет в загальному випадку включає решту всіх робочих та інших деталей. Заготовки цих деталей або деталі повністю, як правило, виготовляються за державними або галузевими стандартами.

Деталі штамків розподіляються на дві основні групи: технологічного і конструктивного призначення. До першої групи відносяться робочі деталі, що безпосередньо виконують ту або іншу штампувальну операцію (матриці, пуансони); фіксуючі деталі, що забезпечують необхідне положення заготовки під час виконання операції (уловлювачі, фіксатори, упори); притискаючі і видаляючі деталі (притискачі, зйомники, виштовхувачі і т.п.). До другої відносяться опорні і тримаючі деталі (плити, пуансонотримачі і т.п.), направляючі (колонки, втулки), кріпильні та інші деталі. Крім того, в деяких штампах застосовується третя група деталей - кінематичного призначення, що забезпечують необхідні переміщення частин штампу, у тому числі призначені для перетворення вертикального руху повзуна в

поступальну, обертальну, коливальну ходу окремих елементів штампу і допоміжних пристроїв.

Стандарти є на більшість типових робочих деталей простої конфігурації, на фіксуючі, притискуючі і видаляючі деталі, а також на ряд деталей кінематичного призначення. Номери деяких подібних державних стандартів приведені в кінці посібника [8-19].

Вибір типу штампa по конструктивно-експлуатаційних ознаках визначається як характером виробництва виробів, так і конструкцією штампованої деталі.

При дрібносерійному виробництві різноманітних за формою і розмірам деталей, коли уніфікація і нормалізація елементів деталей по яких-небудь причинах неможлива, слід орієнтуватися на універсальні блоки з направляючими колонками і змінні пакети штампів. В цьому випадку на один блок можуть встановлюватися різні пакети для штампування деталей, що трохи відрізняються по габаритних розмірах. Самі ж пакети можуть бути як одноопераційні, так і комбіновані.

При крупносерійному і масовому виробництві перевагу слід віддавати спеціальним штампам, що мають блоки з направляючими колонками. Вибір типа блоку, типа направляючих, фіксуючих і видаляючих елементів і вузлів визначається конструкцією деталі і зручностями роботи штампувальника. Рекомендації по вибору цих елементів висвітлені в довідковій літературі [1-7].

4.1.7 Додаткові розрахунки для деталей що гнуться.

У штампах для V- подібного гнуття (рис. 4.7) при малих внутрішніх радіусах згину ($R_0 \leq 10S$) радіус закруглення на робочому ребрі пуансона приймається рівним внутрішньому радіусу згину (внутрішньому радіусу

деталі) $R_n = R_\delta$. Відповідний радіус закруглення в поглибленні матриці приймається рівним

$$R'_m = (0,6 \dots 0,7)(R_n + S). \quad (4.17)$$

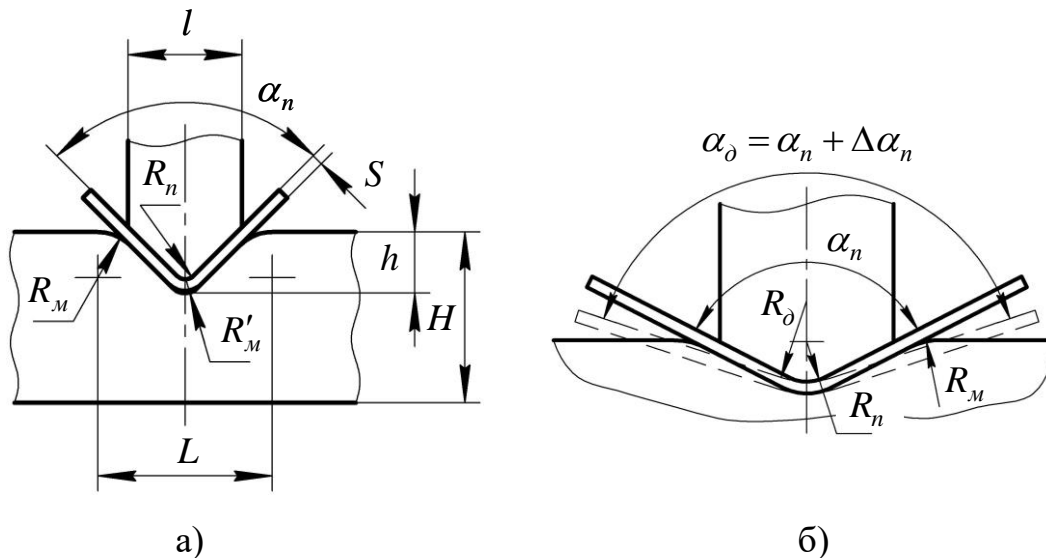


Рис. 4.7. Схема для розрахунку виконавчих розмірів інструмента при V- подібному гнутті:

- а) конструктивні розміри штампа для кутового гнуття;
- б) зміна кута і радіуса деталі в результаті пружинення.

При довжині полиці деталі до 50 мм конструктивні розміри матриці визначають за даними таблиці 4.1. В іншому випадку – за даними довідкової літератури [4].

При визначенні виконавчих розмірів пуансона і матриці слід враховувати пружинення матеріалу.

При вільному (без калібрування) V- подібному гнутті та малих внутрішніх радіусах згину ($R_\delta \leq 10S$) кут пружинення $\Delta\alpha_{pr}$ може бути визначений по формулі

$$tg\Delta\alpha_{np} = 0,375 \cdot \frac{L}{(1-x)S} \cdot \frac{\sigma_T}{E}, \quad (4.18)$$

де L - відстань між опорами матриці (рис. 4.7, а);

x - коефіцієнт зміщення нейтрального шару;

σ_T - межа текучості штампованого матеріалу;

E - модуль пружності штампованого матеріалу.

Таблиця 4.1

Конструктивні розміри робочих деталей штампів для V- подібного гнуття

Розміри	Товщина матеріалу, мм								
	до 1	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	6...7	7...8	8...10
R_m	3	5	7	9	10	11	12	13	15
h	4	7	11	15	18	22	25	28	32...36
H	20	30	40	45	55	65	70	80	90

В цьому випадку кут на пуансоні (в матриці) зменшують в порівнянні із заданим на кресленні деталі кутом α_δ на величину $\Delta\alpha_{np}$

$$\alpha_n = \alpha_\delta - \Delta\alpha_{np}. \quad (4.19)$$

При гнутті з калібруванням кут пружинення зменшується на 20...25%.

Якщо гнуття здійснюється при великому радіусі R_δ , то пружинення враховується шляхом зміни не лише кута пуансона в порівнянні з кутом деталі, але і відповідною зміною радіусу на робочому ребрі пуансона.

При куті деталі α_δ і необхідному радіусі згину R_δ кут на пуансоні має бути прийнятий рівним:

$$\alpha_n = \alpha_\delta - \left[(180 - \alpha_\delta) \cdot \left(\frac{R_\delta}{R_n} - 1 \right) \right], \quad (4.20)$$

де

$$R_n = \frac{R_\partial}{1 + 3 \frac{\sigma_T}{E} \frac{R_\partial}{S}}. \quad (4.21)$$

У штампах для гнуття П- подібних деталей (рис. 4.8) виконавчі розміри пуансона і матриці визначаються виходячи з варіанту простановки відповідних розмірів на кресленні штампованої деталі. У тому випадку, коли необхідно забезпечити внутрішні розміри деталі – за основну деталь береться пуансон, а матриця в цьому випадку є зв’язаною деталлю; якщо задані зовнішні розміри деталі – за основну деталь береться матриця, пуансон буде зв’язаною деталлю.

При цьому слід враховувати, що в штампах для гнуття пуансон зношується значно менше матриці. Тому, якщо основною робочою деталлю є пуансон (на штампованій деталі задані внутрішні розміри), при визначенні припуску на зношування Π_{zn} (4.23) слід брати $k = 0,2$. Якщо основна робоча деталь – матриця, то $k = 0,8$.

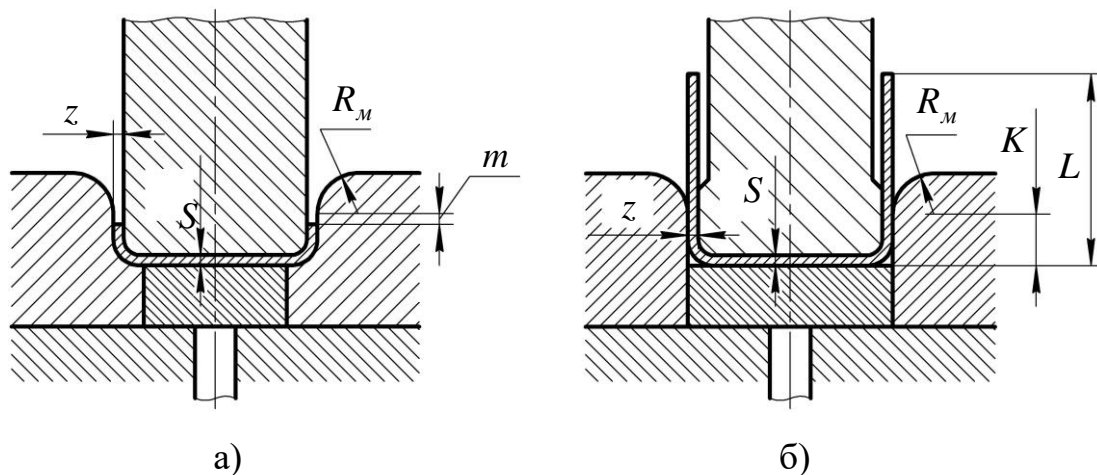


Рис. 4.8. Конструктивні розміри штампів для П- подібного гнуття:

- а) гнуття скоби з короткими поличками;
- б) гнуття скоби з довгими поличками

Інші конструктивні розміри матриці приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Конструктивні розміри робочих деталей штампів
для гнуття П- подібних деталей

Розміри	Товщина матеріалу, мм								
	до 1	1...2	2...3	3...4	4...5	5...6	6...7	7...8	8...10
R_m	3	5	7	9	10	11	12	13	15
t (рис. 3.8, а)	3	4	5	6	8	10	15	20	25
Довжина полицки, мм	Глибина матриці K (рис. 3.8, б)								
25...50	15	20	25	25	—	—	—	—	—
50...70	20	25	30	30	35	35	—	—	—
70...100	25	30	35	35	40	40	40	40	—
100...150	30	35	40	40	50	50	50	50	60
150...200	40	45	55	55	60	65	65	65	80
Довжина полицки, мм	Коефіцієнт n для визначення зазору z ($z = S_{\max} + nS$)								
до 25	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
25...50	0,15	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
50...100	0,18	0,15	0,15	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
100...200	0,20	0,18	0,18	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10

Однобічний кут пружинення $\Delta\alpha_{np}$ при П – подібному гнутті без калібрування може бути визначений по формулі

$$tg\Delta\alpha_{np} = 0,75 \cdot \frac{R_m + R_n + 1,25 \cdot S}{(1-x)S} \cdot \frac{\sigma_T}{E}. \quad (4.22)$$

В цьому випадку кут пружиніння може бути врахований за рахунок заниження на бічних гранях пуансона і введення в конструкцію штампу відповідних пристроїв, що забезпечують необхідний перегин полиці деталі на величину кута $\Delta\alpha_{np}$ [2].

4.2. Вибір конструктивної схеми штампу та проектування робочого інструменту (конструкторський розділ)

4.2.1. Вибір конструктивної схеми штампу

Вибравши тип і технологічну схему штампу, розробляють принципову схему штампу та його конструкцію. Зазвичай штампи проектують в такій послідовності.

Відповідно до технологічної схеми в матриці викреслюють контури отворів, по яким оформлюють елементи деталі.

Керуючись довідковими даними [2, 4], визначають мінімальні відстані від контуру робочих отворів до зовнішнього краю матриці і осей кріпильних отворів і відстань від цих осей до зовнішнього краю матриці. Таким чином визначаються габаритні розміри матриці в першому наближенні. Якщо цілісна конструкція матриці виявляється не технологічною, її розбивають на секції, визначають спосіб кріплення секцій і знову уточнюють габаритні розміри.

Аналогічно опрацьовують конструкцію пуансона з пуансонотримачем, внаслідок чого визначаються габаритні розміри пакету в плані, по яких вибирають стандартний або нормалізований блок. Висота блоку визначається висотою пакету. Подальше оформлення креслення загального

виду штампу виконується згідно ГОСТ 2.424-80 (ЕСКД. Правила оформлення креслень штампів).

Конструкції та принципи роботи спроектованих штампів повинні бути описані в пояснювальній записці.

4.2.2. Основні розрахунки при конструюванні штампів

В процесі проектування штампів розраховують окремі деталі і вузли, що гарантує їх надійну і безпечну роботу і забезпечує отримання штампованої деталі відповідно до вимог креслення.

До таких розрахунків відносяться розрахунки виконавчих розмірів пуансонів і матриць, центру тиску штампу, пружних елементів для знімання і видалення деталей і відходів, розрахунки на міцність, жорсткість і т.п.

4.2.2.1. Проектування матриць

При конструюванні штампу необхідно виконати розрахунок низки найважливіших геометричних параметрів його деталей.

Для виконання цих розрахунків існують емпіричні залежності. Так, товщина матриці (y мм) для операцій вирубки-пробивки може бути визначена по формулі

$$H_{\text{м}} = S + (0,6...1,3) \cdot \sqrt{a + b} + 7, \quad (4.23)$$

де S - товщина вихідного матеріалу;

0,6...1,3 - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу (0,6 - при $\sigma_{\text{г}} = 120$ МПа; 1,3 - при $\sigma_{\text{г}} = 800$ МПа);

a , b - найбільші розміри робочого отвору в даній матриці, габаритні розміри якої рівні відповідно A і B (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Зв'язок найбільших розмірів робочого отвору $a \times b$ (мм) у матриці
з габаритними розмірами $A \times B$ (мм)

$a \times b$	28×20	40×30	50×32	50×40	70×40	70×50
$A \times B$	60×50	80×60	100×60	100×80	120×80	120×100
$a \times b$	80×40	80×50	80×70	110×50	110×60	110×80
$A \times B$	140×80	140×100	140×120	170×100	170×120	170×140
$a \times b$	130×60	130×80	130×100	180×80	180×100	220×90
$A \times B$	200×120	200×140	200×170	250×140	250×170	300×170

Відстань від краю матриці до краю робочого отвору має бути не менше товщини матриці. Зовнішній діаметр D_{zn} круглої матриці вибирається залежно від діаметру круглого робочого отвору d_p відповідно до табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Найменший зовнішній діаметр круглої матриці, мм

d_p	до 15	15...25	25...35	35...50	50...70	70...85	85...105	105...115
D_{zn}	50	63	80	100	125	140	160	180

Відстань між центрами найближчих кріпильних отворів в матрицях визначається залежністю

$$l_y > 0,8 + \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (4.24)$$

де d_1, d_2 - діаметри отворів під гвинт і штифт відповідно.

Діаметри гвинтів і штифтів вибираються відповідно до рекомендацій, наведених в довідковій літературі [4].

Кількість гвинтів в одному ряду визначається із умови, що відстань між двома сусідніми гвинтами не повинна перевищувати 90 мм.

Відстань від краю матриці до центру кріпильного отвору

$$l_k \geq (1,2 \dots 1,4) \cdot d, \quad (4.25)$$

де d - діаметр цього кріпильного отвору;

1,2...1,4 – коефіцієнт, що враховує діаметр кріпильного отвору (1,2 - при $d < 8,5$; 1,4 - при $d > 8,5$).

Відстань між краями двох розташованих поруч робочих отворів має бути більше двох товщини штампованого матеріалу, але не менше 1,5 мм.

При виборі форми і розмірів профілю матриць для вирубки та пробивки слід користуватись наступними рекомендаціями:

- для пробивки отворів діаметром до 8 мм та для вирубки простих контурів, в яких відсутні консольно розташовані елементи, що ослаблюють перетин матриці, застосовують матриці з циліндричним провальним вікном (для спрощення виготовлення штампу). При цьому висота робочого пояса матриці h_m приймається в залежності від товщини матеріалу: при S до 0,5 мм $h_m = 6$ мм; при $S = 0,5 \dots 2,5$ мм $h_m = 6 \dots 8$ мм; при $S = 2,5 \dots 5$ мм $h_m = 8 \dots 10$ мм; при $S = 5 \dots 10$ мм $h_m = 15$ мм;

- для вирубки деталей складної конфігурації та матриць, в яких є консольно розташовані елементи, застосовується профіль з конусним провальним вікном, кут конуса якого β_m приймається рівним 2° для товщини матеріалу до 2,5 мм і 3° для товщини 2,5...10 мм). Висота і кут конуса робочого пояса матриці вибираються як і для матриць з циліндричним провальним вікном;

- для матриць із зворотним виштовхуванням деталі (переважно в штампах сумісної дії) застосовується призматичний тип робочого отвору (з вертикальними стінками робочого отвору без провального вікна).

Розміри інших деталей і елементів штамів визначаються конструктивно з врахуванням даних нормалей, стандартів і відповідної

спеціальної літератури.

4.2.2.2. Виконавчі розміри робочих деталей штампів для вирубкування - пробивання

Метод розрахунку виконавчих розмірів пуансонів і матриць визначається наступними чинниками:

1) типом розмірів деталі - зовнішні або внутрішні (по відношенню до «тіла» деталі) розміри;

2) характером впливу зносу елементів пуансона і матриці, між якими проставлений розмір, на зміну відповідного розміру штампованої деталі.

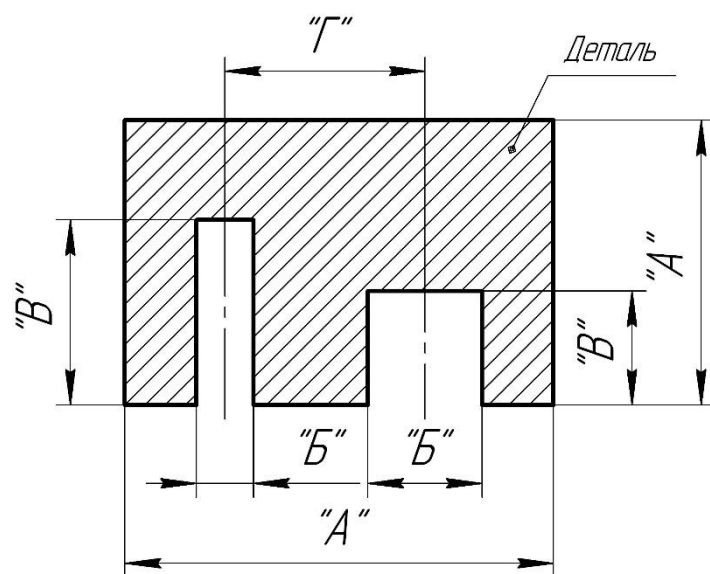
При вирубванні-пробиванні розрізняють наступні випадки впливу зносу:

- знос елементів матриці або пуансона викликає збільшення відповідного розміру штампованої деталі. Прикладом таких розмірів можуть служити зовнішні розміри деталі, ширина виступу на деталі або ширина «зуба» в отворі деталі (рис. 4.9, розміри типу «А»);

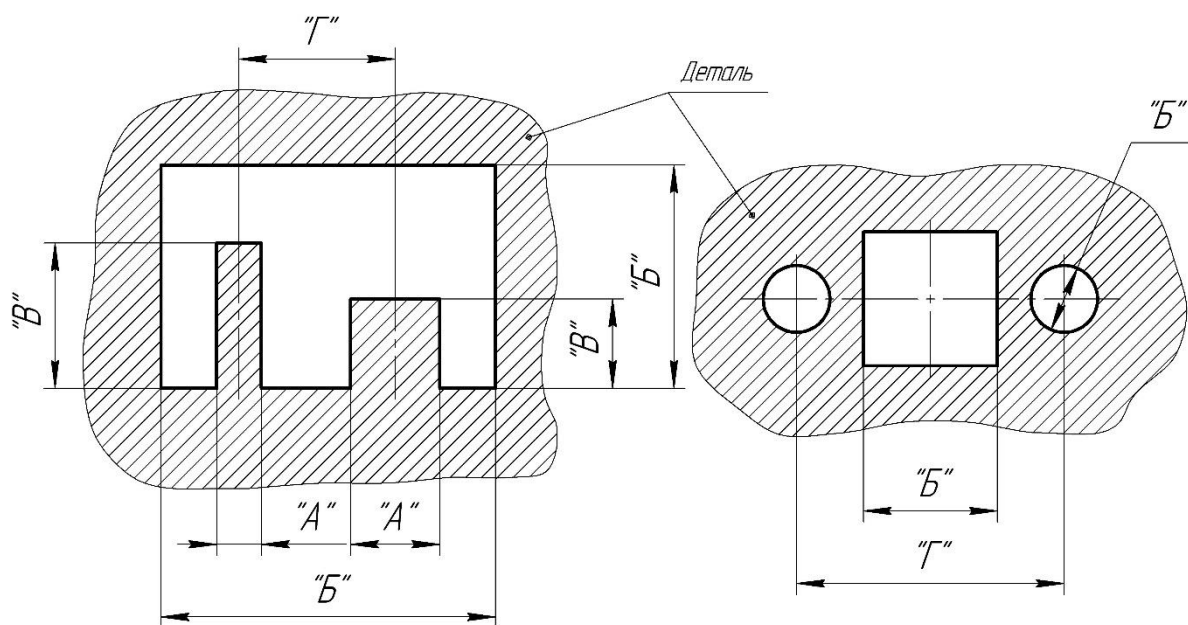
- знос елементів пуансона або матриці викликає зменшення відповідних розмірів штампованої деталі. Прикладом таких розмірів можуть бути розміри отворів або ширина паза в штампованій деталі (рис. 4.9, розміри типу «Б»);

- знос елементів пуансона і матриці має незначний вплив на відповідний розмір штампованої деталі, оскільки знос одного елементу компенсується зносом зв'язаного з ним іншого елементу. Прикладом таких розмірів можуть служити глибина паза в деталі або висота виступу (рис. 4.9, розмір типу «В»);

- знос пуансона і матриці не впливає на розмір деталі. Прикладом таких розмірів можуть бути міжосьові і міжцентрові відстані (рис. 4.9, розміри типу «Г»).



а) вирубкування зовнішнього контуру



б) пробивання отвору

Рис. 4.9. Схема для розрахунку виконавчих розмірів інструмента
при вирубкуванні - пробиванні

3) способом виготовлення пуансонів і матриць:

- при роздільному виготовленні пуансонів і матриць, коли кожна з робочих деталей може бути виготовлена з високою точністю незалежно від іншої відповідно до заданих допусків, розраховують розміри як основної робочої деталі, так і розміри зв'язаної деталі;

- при спільному виготовленні, коли із-за складності контуру штампованої деталі роздільне виготовлення не може забезпечити необхідну точність, розраховують розміри лише основної деталі (пуансона або матриці), а розміри зв'язаної робочої деталі отримують слюсарним пригоном по основній з необхідним зазором.

Відповідно до цього:

- за основну робочу деталь береться матриця, якщо задані розміри зовнішніх (по відношенню до «тіла» штампованої деталі) елементів, а пуансон в цьому випадку є зв'язаною деталлю;

- за основну робочу деталь береться пуансон, якщо задані розміри внутрішніх елементів штампованої деталі і матриця в цьому випадку є зв'язаною деталлю.

При роздільному виготовленні виконавчі розміри основної і зв'язаної робочих деталей штампую визначають за наступними залежностями.

Якщо розмір деталі збільшується внаслідок зносу елементів пуансона і матриці, то номінальний розмір основної робочої деталі береться ближче до нижнього граничного розміру деталі. Допуск на виготовлення основної деталі береться «в тіло» деталі (із знаком +):

$$L_o = (L_{в.р.д} - k \cdot \Delta)^{+\delta_o} = (L_{в.р.д} - \Pi_{зн})^{+\delta_o} = (L_{н.о})^{+\delta_o}. \quad (4.26)$$

Номінальний розмір зв'язаної робочої деталі береться по номінальному розміру основної з врахуванням зазору; допуск на виготовлення береться «в тіло» деталі (із знаком -):

$$L_{3\phi} = (L_{н.о} - z)_{-\delta_{3\phi}} = (L_{н.3\phi})_{-\delta_{3\phi}}. \quad (4.27)$$

Якщо розмір деталі зменшується унаслідок зносу елементів пуансона і матриці, то номінальний розмір основної робочої деталі призначають ближчим до верхнього граничного розміру штампованої деталі. Допуск на виготовлення основної деталі береться «в тіло» деталі (із знаком -):

$$L_o = (L_{н.зр.д} + k \cdot \Delta)_{-\delta_o} = (L_{н.зр.д} + \Pi_{3н})_{-\delta_o} = (L_{н.о})_{-\delta_o}. \quad (4.28)$$

Номінальний розмір зв'язаної робочої деталі береться по номінальному розміру основної з врахуванням зазору; допуск на виготовлення береться «в тіло» деталі (із знаком +):

$$L_{3\phi} = (L_{н.о} + z)_{+\delta_{3\phi}} = (L_{н.3\phi})_{+\delta_{3\phi}}. \quad (4.29)$$

Якщо знос елементів робочих деталей мало впливає на відповідний розмір штампованої деталі, то номінальний розмір основної і зв'язаної робочих деталей береться рівним нижньому граничному розміру штампованої деталі плюс половина поля допуску на штамповану деталь. Допуск на виготовлення беруть симетричним і рівним допуску на зазор Δ_z :

$$L_o = L_{3\phi} = (L_{н.зр.д} + 0,5 \cdot \Delta) \pm 0,5 \cdot \Delta_z = (L_{н.р.д}) \pm 0,5 \cdot \Delta_z. \quad (4.30)$$

Якщо знос не впливає на розмір деталі, номінальний розмір пуансона і матриці береться рівним номінальному розміру деталі. Допуск на виготовлення беруть симетричним і рівним допуску на зазор Δ_z :

$$L_o = L_{3\phi} = (L_{н.д}) \pm 0,5 \cdot \Delta_z. \quad (4.31)$$

Тут $L_{н.д}$ - номінальний розмір штампованої деталі; $L_{н.зр.д}$ - нижній граничний розмір штампованої деталі; $L_{н.р.д}$ - верхній граничний розмір штампованої деталі; Δ - допуск на штамповану деталь; k - коефіцієнт, що враховує, яку частину допуску штампованої деталі беруть як припуск на знос основної

робочої деталі; $L_{н.о}$ - номінальний розмір основної робочої деталі; $L_{н.зв}$ - номінальний розмір зв'язаної робочої деталі; $L_{н.р\partial}$ - номінальний розмір робочої деталі; δ_o , $\delta_{зв}$ - допуски на виготовлення основною і зв'язаною робочих деталей; z - зазор між основною і зв'язаною деталями, що призначається по [1-5]; Δ_z - допуск на зазор, призначається по [1, 4].

Величина припуску на зношування вибирається по таблицям довідкової літератури або визначається рівністю

$$\Pi_{зн} = k \cdot \Delta. \quad (4.32)$$

В штампах для вирубки і пробивки при штампуванні деталей підвищеної точності (8-9 квалітети) рекомендується брати $k = 0,8 \dots 1,0$; при меншій точності штампованих деталей $k = 0,6 \dots 0,8$ [5].

Граничні відхилення розмірів матриці δ_m і пуансона δ_n при їх роздільному виготовленні визначаються залежно від їх номінальних розмірів і товщини штампованого матеріалу по таблиці. 4.5.

Таблиця 4.5

Поля допусків розмірів робочих деталей
при їх роздільному виготовленні

Робоча деталь, відхилення	Товщина штампованого матеріалу	
	до 3 мм	понад 3 мм
Матриця, δ_m	<i>H7</i>	<i>H8</i>
Пуансон, δ_n	<i>h6</i>	<i>h8</i>

Виконавчі розміри (номінальні розміри і граничні відхилення) вказуються на кресленнях матриці і пуансона, наприклад: $\varnothing 25,3^{+0,021}$, $\varnothing 25,1_{-0,016}$.

При спільному виготовленні матриці і пуансона, тобто коли зв'язана робоча деталь доопрацьовується по основній, повністю готовій, номінальний розмір розраховують лише для основної деталі. Граничні відхилення визначаються по таблиці 4.6 залежно від допуску на розмір штампованої деталі Δ . Виконавчий розмір вказується лише на кресленні основної деталі; зв'язана робоча деталь доопрацьовується по основній із заданим зазором, про що вказується на її кресленні.

Виконавчі розміри основної і зв'язаної робочих деталей штампую в цьому випадку визначають наступним чином.

Якщо розмір деталі збільшується внаслідок зносу елементів пуансона і матриці, то виконавчий розмір основної робочої деталі L_o розраховується за формулою (4.26). Розмір зв'язаної робочої деталі L_{zg} забезпечується доопрацюванням по основній з зазором z і допуском на зазор Δ_z .

Якщо розмір деталі зменшується унаслідок зносу елементів пуансона і матриці, то виконавчий розмір основної робочої деталі L_o розраховується за формулою (4.27). Розмір зв'язаної робочої деталі L_{zg} забезпечується доопрацюванням по основній з зазором z і допуском на зазор Δ_z .

Якщо знос елементів робочих деталей мало впливає на відповідний розмір штампованої деталі, то номінальний розмір основної деталі береться рівним нижньому граничному розміру штампованої деталі плюс половина поля допуску на штамповану деталь. Допуск на виготовлення беруть симетричним і рівним половині допуску на відповідний розмір штампованої деталі Δ :

$$L_o = (L_{н.зр.д} + 0,5 \cdot \Delta) \pm 0,25 \cdot \Delta = (L_{н.р.д}) \pm 0,25 \cdot \Delta. \quad (4.33)$$

Розмір зв'язаної робочої деталі L_{zg} забезпечується доопрацюванням по основній з зазором z і допуском на зазор Δ_z .

Таблиця 4.6

Припуски на знос і граничні відхилення розмірів робочих деталей штампів
для вирубки-пробивки при їх спільному виготовленні

Поле допуску на деталь Δ	Припуски на знос робочих деталей штампа P_{3H}	Граничні відхилення розмірів робочих деталей при їх спільному виготовленні		Поле допуску на деталь Δ	Припуски на знос робочих деталей штампа P_{3H}	Граничні відхилення розмірів робочих деталей при їх спільному виготовленні	
		матриць δ_m	пуансонів δ_n			матриць δ_m	пуансонів δ_n
1	2	3	4	1	2	3	4
0,020	0,020	0,006	0,004	0,280	0,200	0,045	0,045
0,025	0,025	0,008	0,005	0,300	0,250	0,060	0,060
0,030	0,030	0,009	0,006	0,340	0,250	0,060	0,060
0,035	0,035	0,011	0,008	0,360	0,300	0,080	0,080
0,040	0,040	0,011	0,008	0,400	0,300	0,080	0,080
0,045	0,045	0,013	0,009	0,430	0,350	0,100	0,100
0,050	0,050	0,015	0,011	0,460	0,350	0,100	0,100
0,060	0,060	0,018	0,013	0,520	0,400	0,120	0,120
0,070	0,070	0,021	0,015	0,530	0,400	0,120	0,120
0,080	0,080	0,024	0,018	0,600	0,500	0,140	0,140
0,090	0,090	0,027	0,020	0,620	0,500	0,140	0,140
0,100	0,100	0,030	0,022	0,680	0,550	0,170	0,170
0,120	0,100	0,030	0,022	0,740	0,600	0,170	0,170
0,140	0,120	0,035	0,030	0,760	0,600	0,170	0,170
0,160	0,140	0,035	0,030	0,860	0,700	0,200	0,200
0,170	0,140	0,035	0,035	1,000	0,800	0,200	0,200
0,200	0,160	0,035	0,035	1,150	0,900	0,260	0,260
0,230	0,180	0,035	0,035	1,350	0,900	0,260	0,260
0,250	0,200	0,045	0,045	1,550	1,250	0,300	0,300
0,260	0,200	0,045	0,045				

Якщо знос не впливає на розмір деталі, номінальний розмір основної деталі береться рівним номінальному розміру деталі. Допуск на виготовлення беруть симетричним і рівним половині допуску на відповідний розмір штампованої деталі Δ :

$$L_o = (L_{н.д}) \pm 0,25 \cdot \Delta. \quad (4.34)$$

Розмір зв'язаної робочої деталі $L_{зв}$ забезпечується доопрацюванням по основній.

У штампах для чистового вирубання - пробивання зазор (двосторонній) між матрицею і пуансоном визначається залежно від товщини матеріалу S по формулі

$$z = 0,01 \cdot S^{+\delta_z}. \quad (4.35)$$

Значення граничного відхилення зазору δ_z знаходять по таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Граничні відхилення величини зазору при чистовій вирубці і пробивці

Товщина матеріалу S , мм	до 2,0	більше 2,0 до 6,0	більше 6,0 до 10,0	більше 10,0 до 12,0
δ_z , мм	+0,005	+0,010	+0,020	+0,030

В іншому методика розрахунку виконавчих розмірів зберігається.

4.2.2.3. Розрахунки на міцність та жорсткість

При проектуванні штамів слід виконувати перевірочні розрахунки на міцність та жорсткість найбільш навантажених деталей: плит, пуансонів та ін.

4.2.2.3.1. Товщина нижньої плити штампу перевіряється на жорсткість по формулі

$$H_{nl} \geq \sqrt[3]{\frac{24h_{\min}}{zEB} P_3 \left\{ \frac{(A-d)^2}{4} - \frac{(A-L)^2}{2} + \frac{(A-L)^3}{3(A-d)} \left[1 - \frac{A-L}{4(A-d)} \right] \right\}}, \quad (4.36)$$

де h_{\min} - відстань між нижньою площиною верхньої плити і верхньою площиною нижньої плити штампів при його закритому положенні (висота пакету), мм;

z - зазор між пуансоном і матрицею, в межах якого може відбуватися перекид пуансона відносно матриці, мм;

E - модуль пружності матеріалу плити, МПа;

B - ширина плити (менший розмір), мм;

P_3 - зусилля затягування болтів, якими плита кріпиться до столу преса, Н;

A - довжина нижньої плити, мм

d - діаметр провального отвору в підштамповій плиті, мм;

L - відстань між направляючими колонками, мм.

Зусилля затягування болтів

$$P_3 = \frac{3Pd^2}{8a \cdot (3d + 2a)}, \quad (4.37)$$

де P - зусилля для виконання операції, Н;

$$a = \frac{A-d}{2}.$$

4.2.2.3.2. Пуансони для пробивки отворів перевіряються на стискування по формулі

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{cm}, \quad (4.38)$$

де P - зусилля докладене до пуансона, Н;

F - найменша площа поперечного перетину пуансона, мм²;

$[\sigma]_{cm}$ - допустимі напруження на стискання, МПа; для інструментальних сталей при твердості HRC₃ 56...60 $[\sigma]_{cm} = 1000...1600$ МПа.

Тонкі пуансони слід перевірити на подовжній згин:

- у штампах без додаткового напрямлення пуансона по зйомнику вільна довжина пуансона визначається по формулі

$$l \leq \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{nP_{np}}}; \quad (4.39)$$

- у штампах з додатковим напрямленням пуансона по зйомнику - по формулі

$$l \leq \sqrt{\frac{2\pi^2 EJ}{nP_{np}}}, \quad (4.40)$$

де n - коефіцієнт запасу (для загартованої сталі $n = 2...3$);

J - момент інерції перетину, мм⁴;

P_{np} - зусилля, прикладене до пуансона, Н.

Опорні поверхні пуансонів перевіряють на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{P_{np}}{F_k} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (4.41)$$

де F_k - площа контакту опорної поверхні пуансона, мм²;

$[\sigma]_{зм}$ - допустимі напруження на зминання матеріалу верхньої або нижньої плити, МПа; для сталевих плит $[\sigma]_{зм} = 180...200$ МПа, для чавунних плит $[\sigma]_{зм} = 80...90$ МПа.

Коли тиск, який передається пуансоном або пуансон-матрицею, перевищує допустимі напруження, необхідно для запобігання зминання верхніх та нижніх плит застосовувати сталеві підкладні плитки, термооброблені до відповідної твердості.

4.2.2.3.3. У штампах з секційними пуансонами і матрицями необхідно виконати розрахунок кріплення секцій проти зусиль зсуву.

4.2.2.4. Розрахунок центру тиску штамп

У штампах для вирубки несиметричних деталей складної конфігурації, пробивки декількох отворів, в штампах послідовної дії необхідно визначити координати центру тиску для того, щоб сумістити його з віссю хвостовика. Це забезпечить правильну врівноважену роботу штамп без перекосів і завчасного виходу з ладу.

Координати центру тиску визначають по формулах

$$X_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad Y_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (4.42)$$

де P_i - зусилля штампування i - го елемента, Н;

x_i, y_i - координати точки прикладання зусилля, мм.

Якщо в даному штампі виконуються лише операції вирубкi і пробивки, то формули (4.42) можна представити в іншому вигляді:

$$X_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i x_i}{\sum_{i=1}^n l_i}; \quad Y_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i y_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (4.43)$$

де l_i - довжина периметра i - го штампованого елемента деталі, мм.

В загальному випадку, коли складний контур розбивається на прямолінійні ділянки і дуги, центр ваги прямолінійної ділянки знаходиться по середині лінії, а координата центра ваги дуги С (відстань L_{oc} , рис. 4.10) визначається за формулою

$$L_{oc} = R \frac{\sin \alpha}{\alpha}, \quad (4.44)$$

де R - радіус дуги, мм;

α – половина центрального кута дуги, рад.

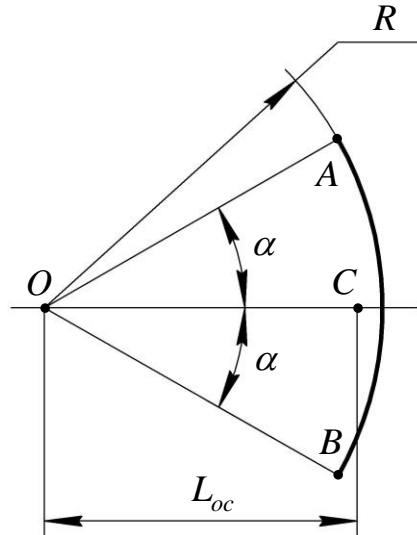


Рис. 4.10. Схема визначення координати центру ваги дуги

4.2.2.5. Розрахунок буферних пристроїв

Якщо конструкція штампа передбачає наявність буферних пристроїв (для притискання заготовки та деталі, виштовхування деталей із матриці, знімання відходу або деталі з пуансонів), але буферний пристрій не є приналежністю пресу, необхідно при проектуванні виконати розрахунок його пружних елементів.

Часто замість розрахунків виконують підбір пружних елементів (пружин, резинових буферів) по таблицям і нормалям. Вихідними даними при цьому є зусилля попереднього затягування P_{non} , зусилля в кінці операції $P_{кін}$ та робочий хід пружного елемента h_p при виконанні операції.

Якщо підібрати нормалізовані пружні елементи неможливо, для їх розрахунку використовують формули, наведені в довідковій літературі [2, 4, 5].

4.2.2.6. Стійкість штампів

Користуючись емпіричними залежностями та довідковими таблицями, визначити орієнтовну стійкість спроектованих штампів до перешліфовки та їх повну стійкість [2, 3].

4.2.2.7. Матеріали для деталей штампів

В пояснювальній записці в зведеній таблиці вказати матеріали, які застосовуються для виготовлення робочих та інших деталей спроектованих штампів, їх термічну обробку (при необхідності) та твердість.

4.3. Вибір обладнання

При виборі ножиць для різки металу розраховане зусилля різання P_p збільшують на 30% і порівнюють з номінальним зусиллям ножиць P_n

$$P_n \geq 1,3P_p. \quad (4.45)$$

При цьому товщина вихідного матеріалу та його ширина не повинні перевищувати допустимих для даної моделі ножиць значень.

При виборі преса необхідно керуватись наступним:

- тип преса та величина ходу повзуна повинні відповідати технологічній операції;
- номінальне зусилля преса повинно бути більшим зусилля, яке необхідне для штампування;
- потужність преса повинна бути достатньою для виконання роботи, яка необхідна для даної операції;

- закрита висота преса повинна відповідати або бути більшою закритої висоти штампа;
- габаритні розміри стола та повзуна преса повинні давати можливість встановлення та закріплення штампів і подачу заготовок, а отвір у столі преса – дозволяти вільне провалювання штампованих деталей (при штампуванні «на провал»);
- прес повинен мати достатню жорсткість, а для розділових операцій – також підвищену точність направляючих.

При використанні кривошипних пресів в процесі роботи можуть бути різні випадки їх перевантаження:

- прес перевантажений по допустимому зусиллю, в результаті чого відбувається деформація деталей преса, а потім і поломка преса;
- прес перевантажений по потужності, але не перевантажений по допустимому зусиллю. В цьому випадку відбувається перегрів двигуна преса і в результаті недовготривалої роботи електродвигун виходить з ладу.

Тому недостатньо здійснювати вибір преса лише по зусиллю, особливо при виконанні на ньому операцій витягування або комбінованого штампування.

При виборі пресу по зусиллю визначають зусилля, необхідні для стискування пружних елементів зйомників, виштовхувачів, притискачів, якщо вони є в штампі, сумують з технологічним зусиллям для виконання операції і порівнюють з номінальним зусиллям преса

$$P_{np} \geq (1,1 \dots 1,3) \cdot (P_m + Q_{\sigma}), \quad (4.46)$$

де P_{np} - номінальне зусилля пресу, кН;

P_m - технологічне зусилля, кН;

Q_{δ} - зусилля стискання пружних елементів штампа, кН;

1,1...1,3 – коефіцієнт запасу.

При цьому необхідно враховувати, що в паспортних даних наведено номінальне зусилля кривошипних пресів, що діє на куті $\alpha \leq 20..30^{\circ}$ і у випадку виконання операцій, що вимагають більшої величини робочого ходу, допустиме зусилля пресу на початку операції буде менше номінального.

В таких випадках краще всього побудувати діаграму технологічного зусилля і зіставити її з діаграмою допустимих зусиль на повзуні преса. Якщо діаграма допустимого зусилля відсутня, при виборі кривошипного пресу для виконання операцій, що вимагають великого робочого ходу, необхідно керуватись рекомендаціями, наведеними у довідковій літературі [2, 5].

Після вибору преса по зусиллю необхідно перевірити придатність преса по потужності (роботі за цикл).

При цьому сумарну роботу на виконання технологічної операції (деформування) та стискання пружних елементів порівнюють з роботою, яку може здійснити прес за один робочий хід.

$$A_{np} \geq A_{\delta} + A_{\epsilon}, \quad (4.47)$$

де A_{np} - робота, що здійснюється пресом, кДж;

A_{δ} - робота деформування, кДж;

A_{ϵ} - робота стискання пружних елементів штампа, кДж.

Роботу деформування та стискання пружних елементів визначають за формулами, наведеними в довідковій літературі [1, 2, 4, 5]. Корисну роботу кривошипного преса можна розрахувати по спрощених формулах залежно від його номінального зусилля і режиму роботи [2].

Остаточню прес вибирають по габаритним розмірам штампа і його закритій висоті. Штмп, який має закриту висоту більшу, ніж закрита висота преса, не може бути встановлений на цей прес.

Закритою висотою преса називається відстань від підштампової плити преса до повзуна в його нижньому положенні при максимальному ході, вкороченій довжині шатуна та нижньому положенні стола. Закрита висота преса вказує на граничну висоту штампа, який може бути встановлено на даному пресі. Для пресів з регульованим ходом закрита висота приймається у випадку роботи при найбільшій величині ходу преса. При зменшенні величини ходу закрита висота збільшується пропорційно відношенню $(h_{\max} - h)/2$.

На рис. 4.11 приведена схема робочого простору кривошипного преса та штампа, що на ньому встановлюється, у відповідності до якої визначаються закриті висоти преса та штампа. На схемі прийняті наступні позначення: L - відстань від стола до направляючих; H - найбільша відстань між столом та повзуном преса в нижньому положенні повзуна та найбільшому ході; h - величина ходу повзуна; M - величина регулювання довжини шатуна; $H_{\text{пл}}$ - товщина підштампової плити; $H_{\text{пmax}}$ - найбільша закрита висота преса ($H - H_{\text{пл}}$); $H_{\text{пmin}}$ - найменша закрита висота преса ($H_{\text{пmax}} - M$); R - виліт від осі повзуна до станини; $A_1 \times B_1$ - розміри стола преса (на схемі не вказано); $a \times b$ - розміри отвору в столі; $A \times B$ - розміри підштампової плити; D - діаметр отвору в підштамповій плиті; $K \times S$ - розміри нижньої площини повзуна; $d_{\text{нз}}$ - діаметр отвору в повзуні; l - глибина отвору в повзуні; N - відстань від виштовхувача до нижньої поверхні повзуна; C - хід виштовхувача; l_1 - довжина хвостовика штампу ($l_1 < l$); $H_{\text{шт}}$ - закрита висота штампа.

Закрита висота штампа (в нижньому робочому положенні) $H_{\text{шт}}$ повинна знаходитись між найбільшою $H_{\text{пmax}}$ і найменшою $H_{\text{пmin}}$ закритою

$$H_{\Pi \min} + 10 \text{ } \mu\text{M} \leq H_{\text{III}} \leq H_{\Pi \max} - 5 \text{ } \mu\text{M}.$$

У випадку, коли закрита висота штампа $H_{\text{шт}}$ буде меншою $H_{\text{п min}}$, необхідне застосування проміжних підкладних плит.

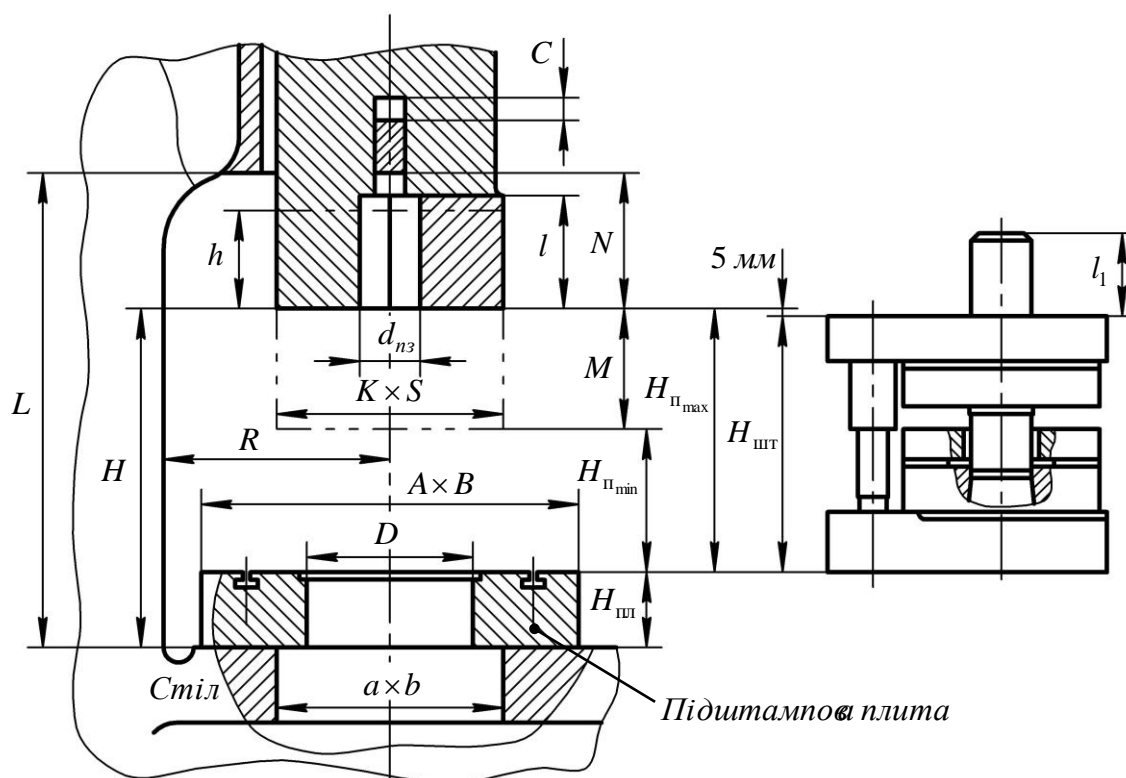


Рис. 4.11. Схема робочого простору кривошипного пресу та штампу, що встановлюється на прес

Крім розрахунків, необхідних для вибору преса, в пояснювальній записці необхідно вказати марку вибраного преса та всі його параметри, необхідні для установки і наладки штампу і подальшої роботи.

4.4. Визначення трудомісткості виготовлення деталі

Остаточно встановивши технологічний варіант штампування і вибравши обладнання, розраховують трудомісткість виготовлення деталі, тобто норму штучного часу та норму вироблення (кількість деталей, яку необхідно виготовити на даній операції за годину чи зміну).

Норма штучного часу, хв.:

$$T_{шт} = t_o + t_d + t_{об} + t_в, \quad (4.48)$$

де t_o - основний (машинний) час, хв.;

t_d - допоміжний час (подача заготовок, видалення деталей та відходів, включення преса та ін.), хв.;

$t_{об}$ - час обслуговування робочого місця, хв.;

$t_в$ - час на відпочинок та природні потреби, хв.

Тривалість кожної складової залежить від характеру операції, що виконується, типу і розміру вихідної заготовки, типу пресу та ін.

Для їх визначення необхідно користуватись «Общемашиностроительными нормативами времени на холодную штамповку, резку, высадку и обрезку».

Норма вироблення за годину

$$H_{год} = \frac{60}{T_{шт}}, \quad (4.49)$$

за зміну

$$H_{зм} = \frac{8 \cdot 60}{T_{шт}}. \quad (4.50)$$

Окрім норми штучного часу в серійному та дрібносерійному виробництві необхідно також визначити калькуляційний час, що враховує час встановлення та налагодження штампів в розрахунку на одну деталь:

$$T_{\kappa} = T_{\text{шт}} + \frac{1}{N} \cdot T_{n-3}, \quad (4.51)$$

де T_{n-3} - підготовчо-завершальний час, хв.;

N - кількість (величина партії) деталей, що штампуються з одного встановлення штампу.

В масовому і крупносерійному виробництві підготовчо-завершальні роботи виконуються наладчиками, а тому в розрахунок заробітної плати штампувальника не входять.

4.5. Вибір методів контролю готових деталей

Залежно від характеру деталей і технічних умов на них після кожної операції або після завершальної операції вказуються методи контролю і інструмент, необхідний для цього – спеціальні шаблони, універсальний або стандартний вимірювальний інструмент і т.п.

У пояснювальній записці слід вказати, які розміри або елементи конструкції піддавати контролю і вказати величину партії деталей, після штампування яких необхідно здійснювати вибіркового контроль.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Стеблюк В.И., Марченко В.Л., Белов В.В., Гривачевский А.Г. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 280 с.
2. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. - 520 с., ил.
3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1985-1987. - Т. 4: Листовая штамповка / Под ред. А.Д. Матвеева. - 544 с.: ил.
4. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. - 496 с., ил.

Додаткова

5. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов холодной листовой штамповки. Подготовительные работы. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1970. – 320 с., ил.
6. Нефедов А.П. Конструирование и изготовление штампов. – М.: Машиностроение, 1973. – 408 с.
7. Элер, Кайзер. Вырубные, гибочные и вытяжные штампы / Под ред. Ф.А.Щукина. - М.-Л. : ГНТИ машиностроительной литературы, 1961. – 396 с.

Стандарти (ГОСТ)

8. Термінологія та правила оформлення креслень і документації: 15830-84, 2.424-80, 3.1109-82, 3.1402-84, 3.1403-85, 14.001-73, 14.002-73, 14.004-73, 14.201-73, 14.204-73.

9. Блоки штампів для листового штампування: 13124-83...13126-83, 14672-83... 14678-83, 16376-70...16378-70, 17662-72, 17663-72, 21173-83, 21882-83, 21883-83.

10. Плити: 13110-83, 13113-83, 13114-75... 13116-75, 21884-83, 21885-83.

11. Колонки, втулки, направляючі пристрої: 13118-83...13121-83, 14676-83, 17695-72, 21459-82.

12. Хвостовики: 16715-71...16722-71.

13. Буфера: 22188-83...22193-83, 22202-83.

14. Штовхачі: 18780-80...18785-80.

15. Фіксатори та упори: 18738-80...18757-80, 18769-80...18776-80.

16. Матриці та пуансони: 16621-80... 16635-80, 16637-80...16647-80, 18732-80.

17. Ножі крокові та для різки відходів: 18734-80...18737-80.

18. Планки направляючі та бруси: 18808-80...18810-80, 18818-80... 18823-80.

19. Деталі та складальні одиниці: 18786-80...18824-80.

Зразок титульного аркушу роботи

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО »**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології виробництва літальних апаратів

РОЗОАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни
«Проектування штампів і пресформ»

Тема: _____

Виконав: студент гр. _____
шифр

_____ підпис
прізвище, ініціали

Викладач: _____
прізвище, ініціали

Роботу захищено « _____ » _____ 20 ____ р.
на _____ балів (з 30 балів)

Викладач: _____
підпис

Київ – 20__

Зразок титульного аркушу пояснювальної записки роботи

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології виробництва літальних апаратів

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до розрахунково-графічної роботи
«Проектування штамів і пресформ»

Тема: _____

Виконав: студент гр. _____
шифр

прізвище, ініціали

підпис

Викладач: _____
прізвище, ініціали

Розрахунково-графічну роботу допущено до захисту

« _____ » _____ 20 ____ р. _____
підпис керівника

Київ – 20__

Зразок завдання на курсовий проект

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології виробництва літальних апаратів

ЗАВДАННЯ

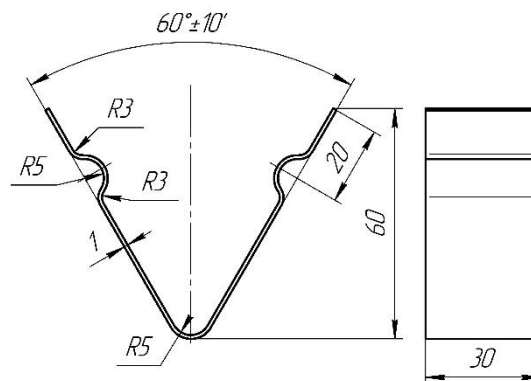
на розрахунково-графічну роботу
«Проектування штамів і пресформ»

студента _____
прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема: Розробка технологічного процесу та проектування
штампового оснащення для виготовлення деталі «Скоба 60»

2. Вихідні дані

2.1. Ескіз деталі:



2.2. Матеріал: сталь 20 ГОСТ 1050-88

2.3. Серійність виробництва: серійне

3. Дата видачі завдання: _____

4. Термін здачі студентом завершеної роботи: _____

Керівник:

прізвище, ініціали

Завдання до виконання
прийняв

підпис

підпис

Зразки оформлення складальних креслень та деталей штампів

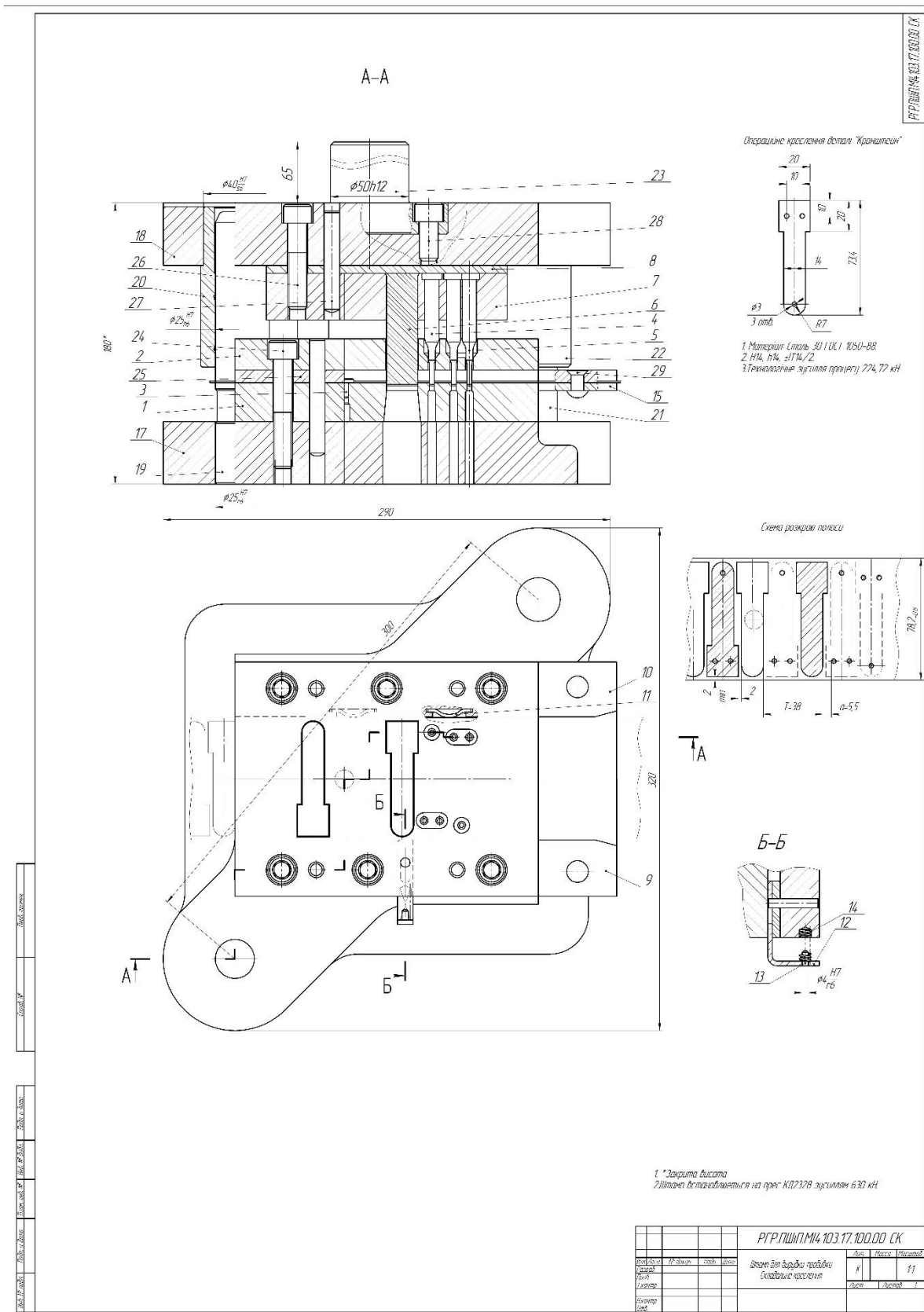


Рис. Г.1. Складальне креслення штампа послідовної дії
для пробивання і вирубівання

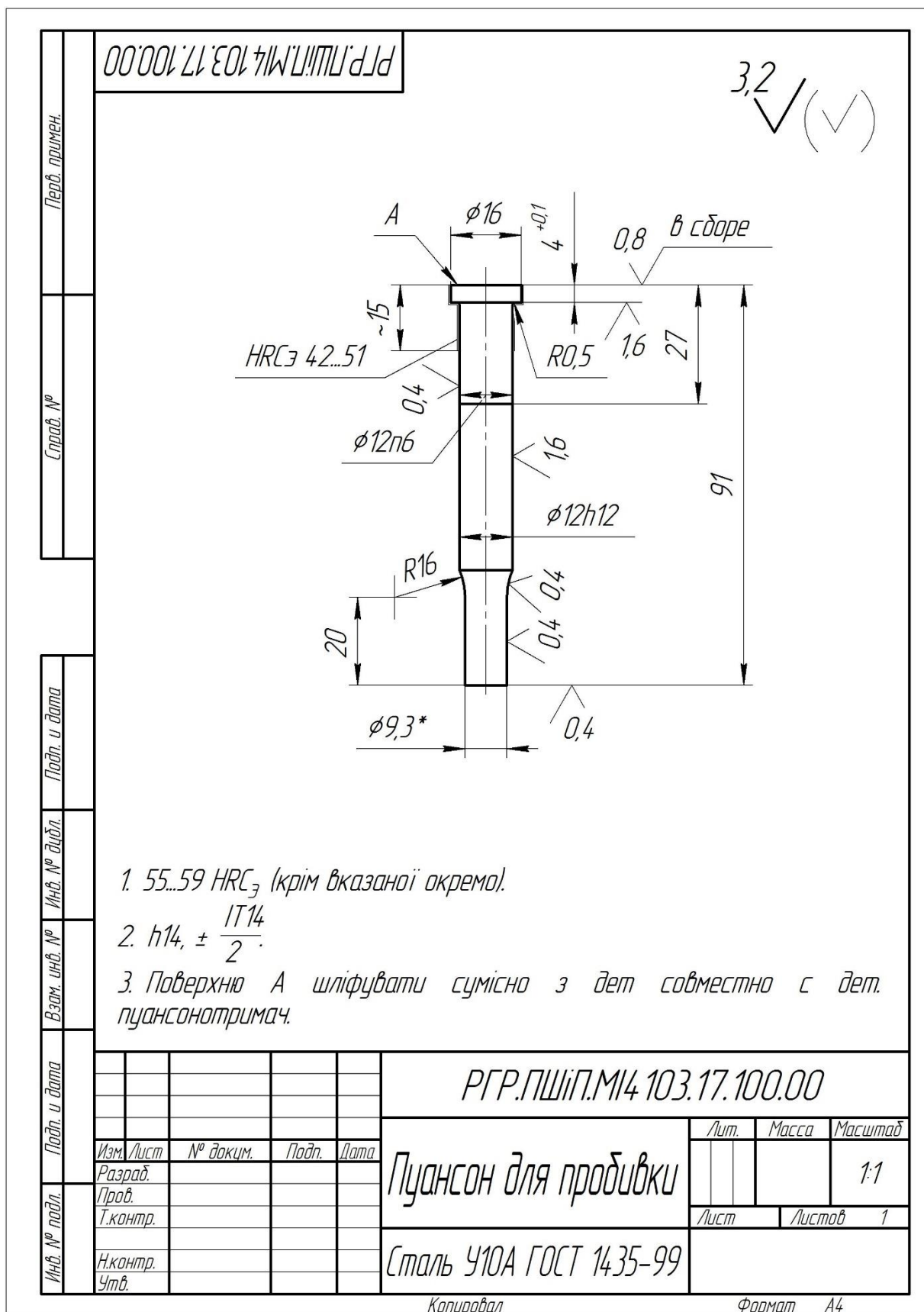


Рис. Г.3. Креслення пробивного пуансона

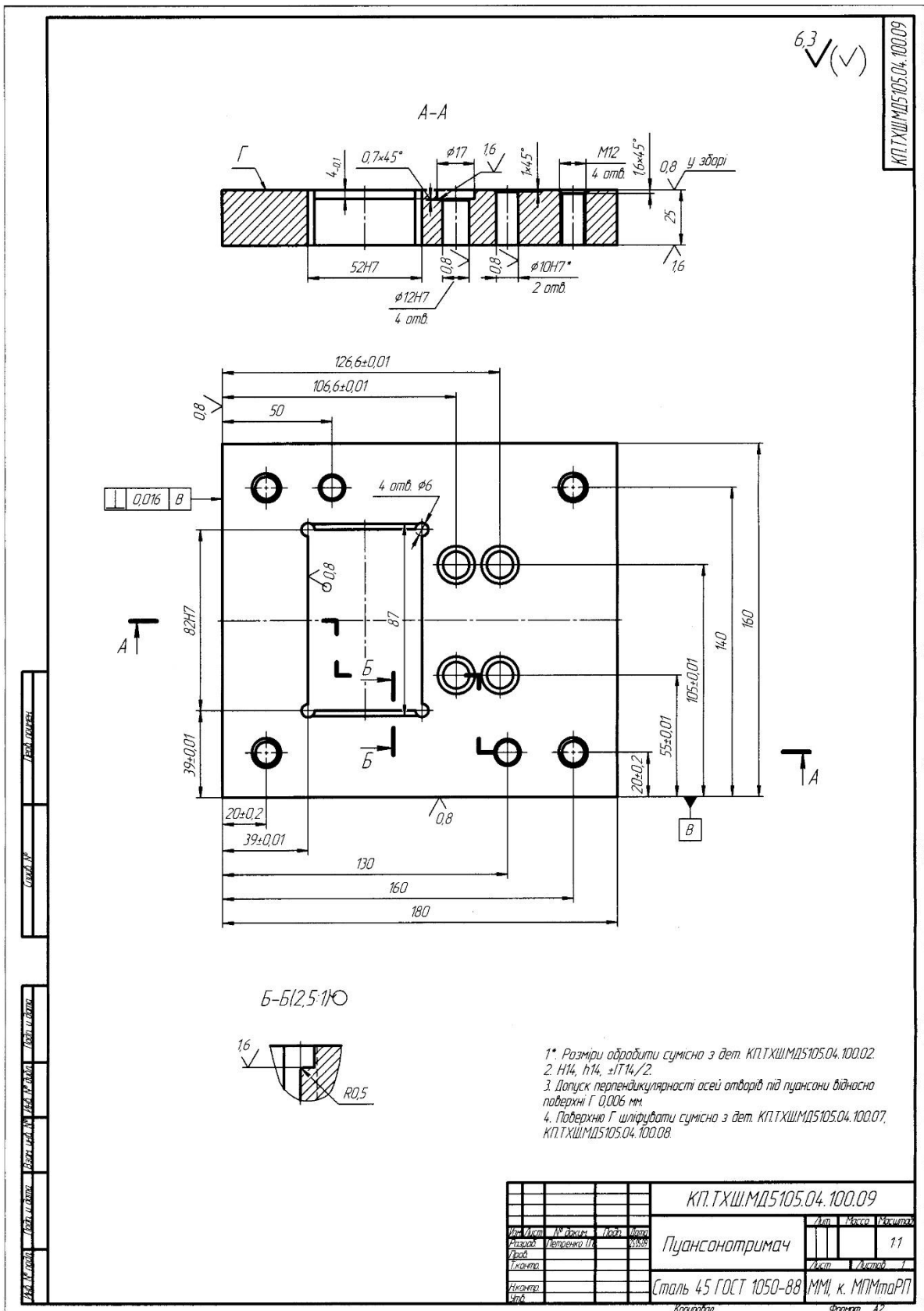


Рис. Г.4. Креслення пуансонотримача

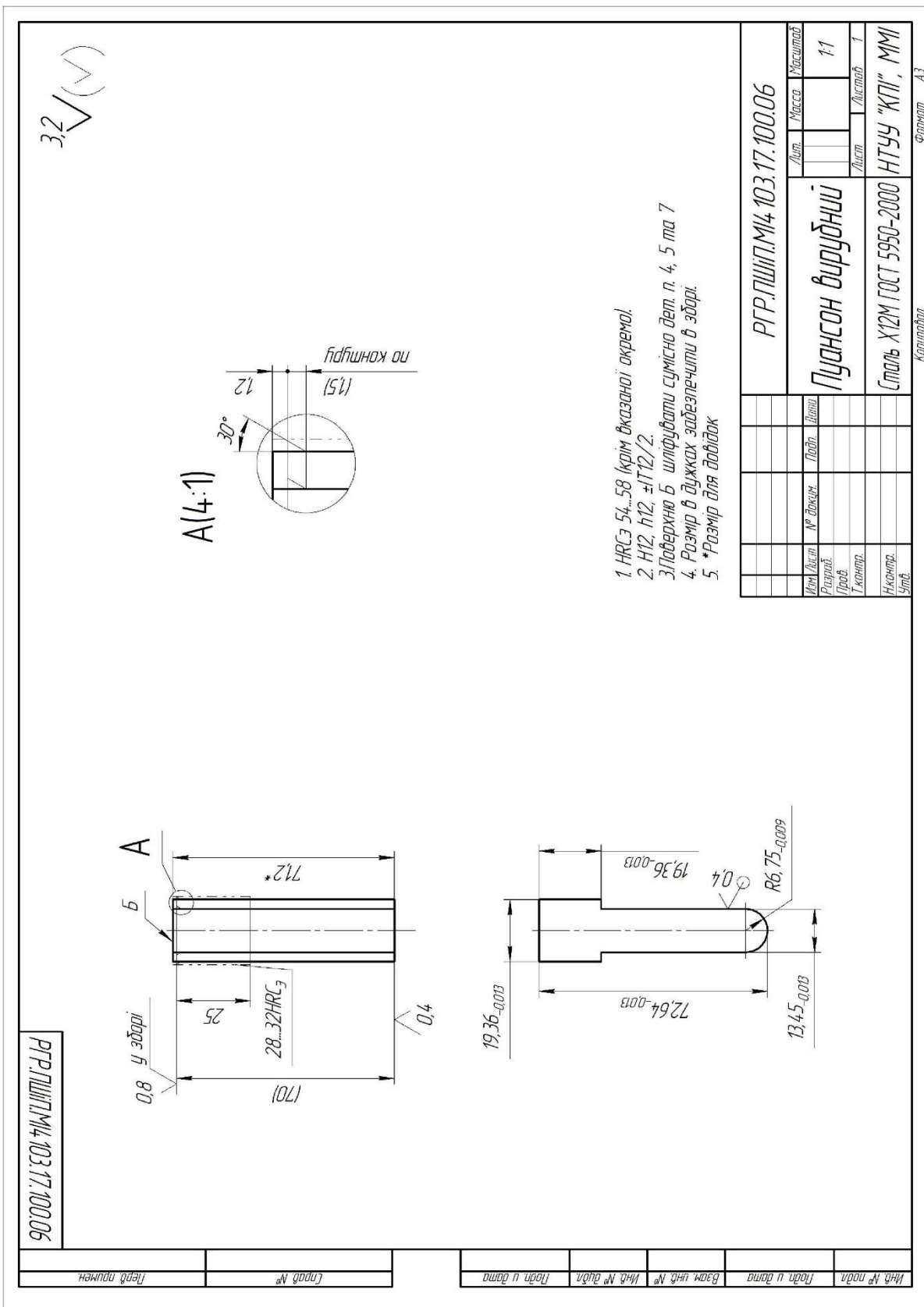


Рис. Г.5. Креслення пробивного пуансона,
який кріпиться розклепуванням